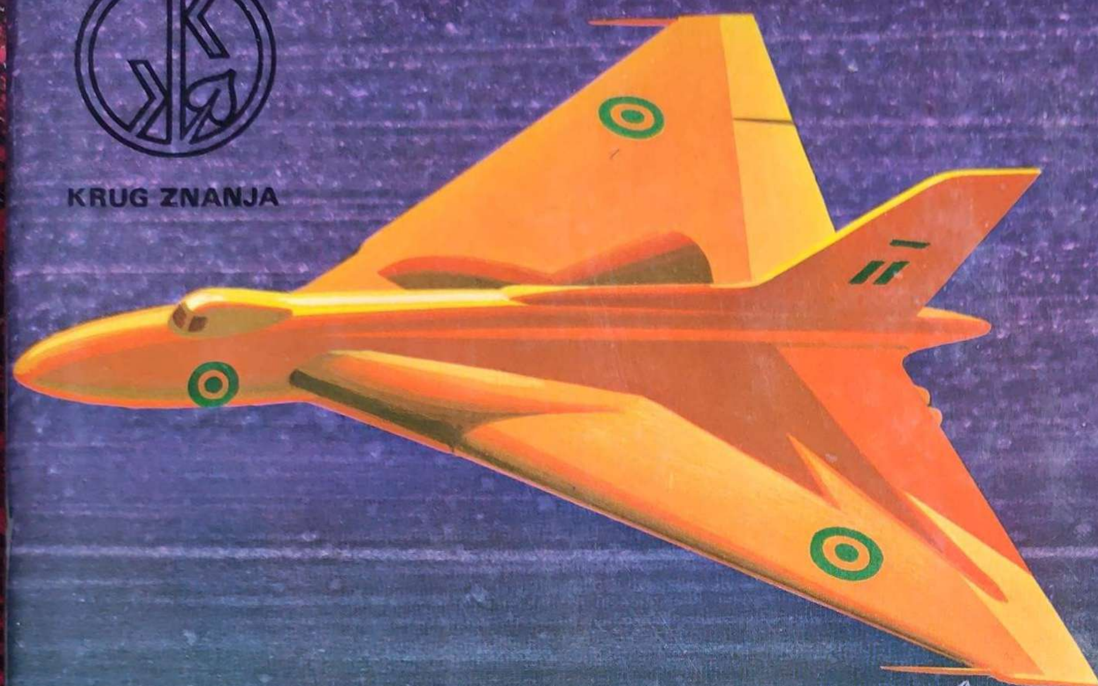
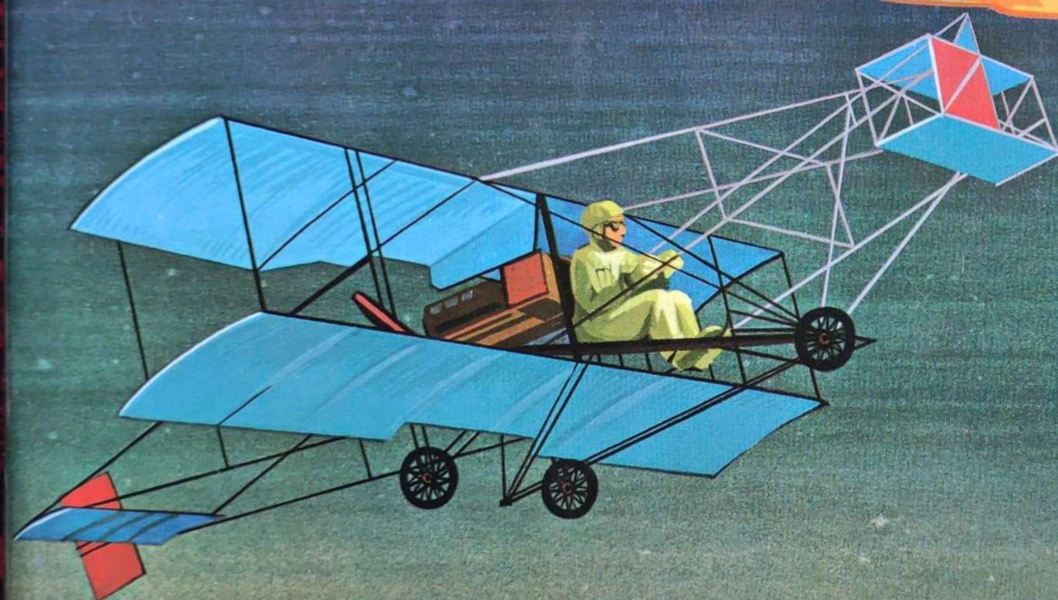


KRUG ZNANJA

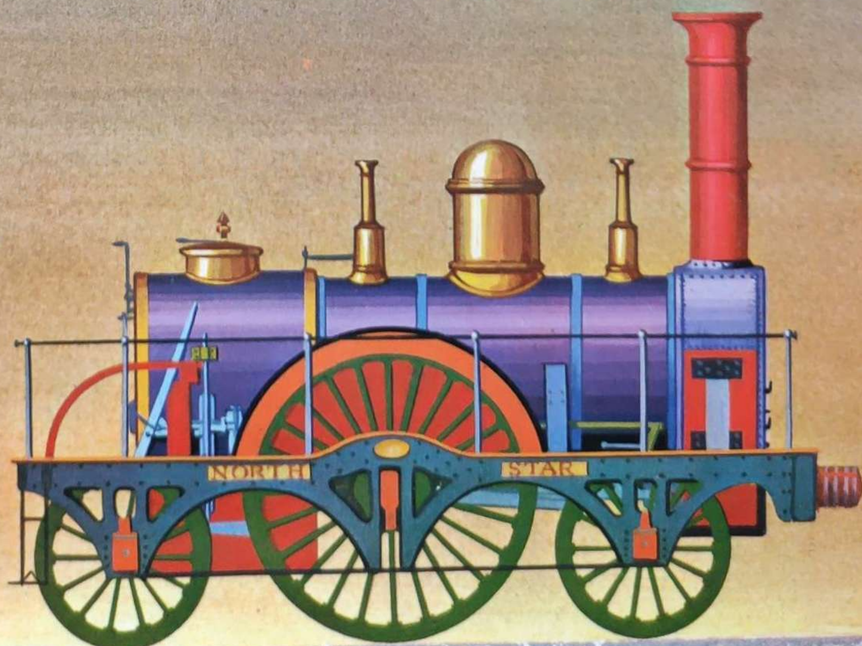






OD PJEŠAKA DO RAKETE

II



Iz štampe je izišlo kompletno I kolo enciklopedijskog zbornika **Krug znanja** koje obuhvaća ove knjige:

1. KNJIGA O SPORTU, I
2. KNJIGA O SPORTU, II
3. OD PJEŠAKA DO RAKETE, I
4. OD PJEŠAKA DO RAKETE, II

Razvojni put prometnih sredstava u naše se doba sve više skraćuje, pa se on nije zaustavio samo kod brodova s nuklearnim pogonom i aviona s nadzvučnom brzinom, nego se proširio čak i na sam svemir. Stoga je život današnjeg čovjeka nezamisliv bez suvremenih prometnih sredstava, pa su u I kolu enciklopedijskog zbornika **Krug znanja** toj temi posvećene dvije knjige, što ih je napisao inž. Petar Mardešić.

OD PJEŠAKA DO RAKETE, I

U ovoj knjizi upoznajemo se s razvojem prvih primitivnih vozila na kopnu, po rijekama i moru, zatim se tu opširno opisuju brodovi, podmornice, automobili najpoznatijih tipova itd. Uz razvoj vozila prikazana su najnovija dostignuća u tehnici prometnih sredstava kao i vizionarski rad pojedinih pionira-stvaralaca, koji su svojim otkrićima doveli do neslućenog razvoja prometnih sredstava.

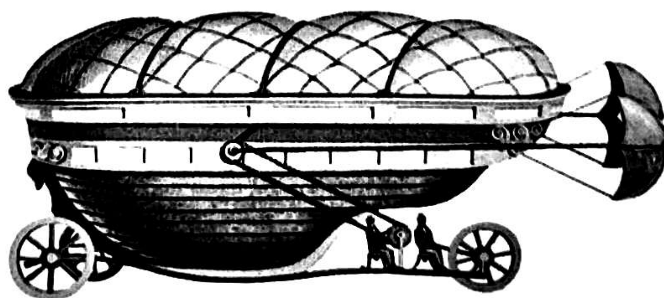
OD PJEŠAKA DO RAKETE, II

U toj knjizi opisuje se razvoj željeznica, aviona, raketa itd.
Opise prometnih sredstava prate također članci o cestama, mostovima, tunelima, kolodvorima, aerodromima, lukama, svjetionicima, različitim signalima, prometnim znakovima i sl. Uz to bogat dvobojni i četverobojni ilustrativni materijal, koji prati tekstove, mnogo pridonosi živosti, zanimljivosti i razumljivosti članaka.
U knjigama **Od pješaka do rakete** svaki je članak zaokružena cjelina, u kojoj se, uz fantastična dostignuća moderne tehnike, prikazuje ujedno i povijesni razvoj pojedinih otkrića kao i uzbudljiva drama ljudskog stvaranja.
Po sadržaju i načinu obrade obje knjige sačinjavaju jedinstvenu cjelinu.
S obzirom na teme koje neobično zanimaju suvremenog čovjeka kao i na zanimljivo izlaganje građe, knjige **Od pješaka do rakete** su prijeko potrebno štivo današnjeg čovjeka i izvanredno korisna dopuna školske literature.



KRUG ZNANJA

OD PJEŠAKA DO RAKETE





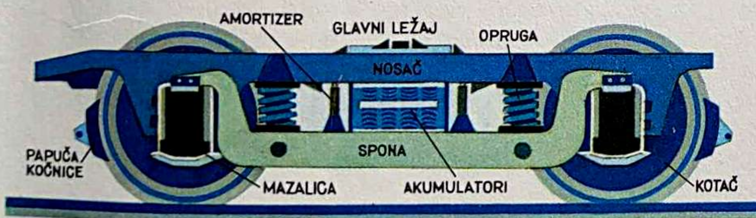


IZDAVAČKO KNJIŽARSKO PODUZEĆE »MLADOST«

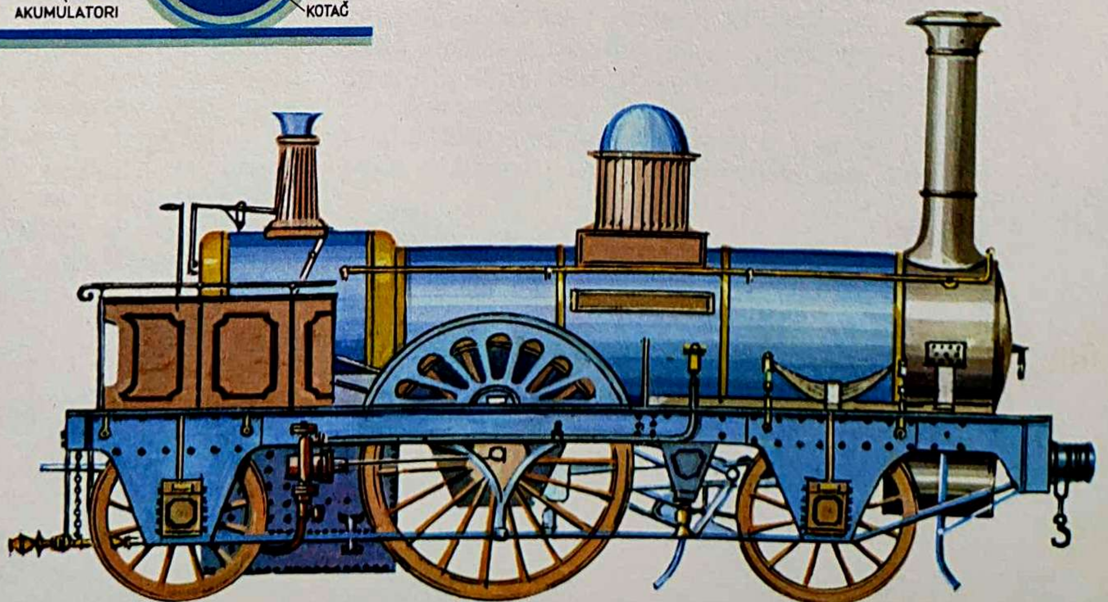
ENCIKLOPEDIJSKI ZBORNIK
KRUG ZNANJA
KOLO I — SVEZAK 4.

OD PJEŠAKA DO RAKETE

Knjiga druga



Inž. PETAR MARDEŠIĆ



IZDAVAČKO
KNJIŽARSKO PODUZEĆE
mladost
ZAGREB — 1972

LIKOVNA POSTAVA
IRISLAV MEŠTROVIĆ

NASLOVNU STRANICU
IZRADIO
VLADO JAKELIĆ

ILUSTRATORI
EDITA BAKŠA
ZVONKO BLAGOVIĆ
OLGA CESAREC
ADALBERT FRANJIĆ
VLADO JAKELIĆ
RATKO JANJIĆ
NIKOLA KOYDL
IVAN KUDUZ
BRANKO MARAČ
PREDRAG MIHOK
BRANKO ŠOŠTARIĆ
ŠTEFANIJA ŠOŠTARIĆ
BRANKO VUJANOVIĆ
ZLATA ŽIVKOVIĆ-ŽILIĆ

CESTE

Istraživanja u posljednjih dvadeset godina otkrila su sve više novih predmeta po kojima se zaključuje da je i prije šest tisuća godina bila razvijena trgovina širom Evrope. Kameno oruđe izrađeno u Danskoj pronalazi se na sjeveru u mnogim krajevima Norveške i na jugu sve do daleke unutrašnjosti Njemačke. Modrosivi alatni kamen iskapan prije 5000 godina iz dubokih rovova u Belgiji pronalazi se u sjevernoj Francuskoj. Lončarski predmeti izrađeni u sjevernoj Španjolskoj prije 4000 godina pronalaze se na područjima od Portugala do Poljske.

Jantarski putovi. Etruščanski putnici trgovci donosili su različne kovane predmete iz današnje Italije u bogato trgovište Hallstatt (Halštat) u Gornjoj Austriji koje je osobito poznato po rudnicima soli. Tu su ih mijenjali za jantar, laku skrutnutu smolu, što su je donosili drugi putnici sa sjevera, s obala Baltičkog mora. Nigdje nije iskopano toliko jantara i etruščanskih umjetničkih predmeta kao iz prastarih grobišta oko Hallstatta.

U pretpovijesno doba bilo je nekoliko jantarskih putova koji su vodili s obala Sjevernog i Baltičkog mora do Jadrana i Sredozemlja. Putove staroga doba danas obično nazivamo po robi koja se njima prevozila.

Arheolozi su temeljito istražili te putove, koji su u davnini bili puni svakovrsnih opasnosti. Najopasniji su bili razbojnici, koji su vrebali na putnike trgovce u sutjeskama, šumama i riječnim gazovima. Stoga su stari putovi bili svuda obrubljeni grobovima, po kojima istraživači i danas određuju pravce starih putova. Putokazi kod istraživanja su im i prolazni prijevoji na planinama i plitki *gazovi* na rijekama, gdje su nastale trgovačke naseobine s najbogatijim nalazištima prastarih predmeta. Drugih tragova nema jer prije 4000 godina nije bilo cesta s jarcima, nasipima, usjecima i rubnim kamenjem kao danas,



Predmeti iz starijeg željeznog doba (← 1200. do ← 500) nađeni blizu Hallstatta u Austriji. Halštatska kultura širila je utjecaj prema istočnoj Francuskoj, južnoj Njemačkoj i cijelom Balkanskom poluotoku

Prvi putnici trgovci pronalazili su pogodne prolaze i u njima su svojim prostim krznenim cipelama tabali prve staze. Jedva vidljive *utabane staze* putnici su držali u najvećoj tajnosti. Samo je ponegdje kakav primitivni znak služio kao putokaz. Od prvih trgovaca posuđem do posljednjih etruščanskih putnika proteklo je oko 1600 godina, a mnogo tisuća ljudi i tovarnih konja koji su prenosili jantar, sol, krzna i kovanu robu tabalo je sve vidljivije staze, osobito na onim mjestima gdje se više putova stjecalo u jedan put koji se provlačio nekim prijevojem, prolazom ili gazom. Kako su naselja imala velike koristi od trgovaca putnika, stanovnici su uskoro popravljali staze i uklanjali prepreke samo da navrate putnike u svoja mjesta. To su zacijelo bile prve građene ceste.

Otkriveno je samo nekoliko ostataka starih jantarskih putova. U Tirolu je u prijevoju Fernpass pronađen dio jantarske ceste sa dva *žlijeba*, kao neki kolosijek širok oko 1 m i dubok 15 cm usječen u živoj stijeni da bi kola sigurnije prolazila opasnim mjestom. U močvarnom području kod Elblaga u Poljskoj pronađen je drveni jantarski put od četiri sloja međusobno ukrštenih dasaka.

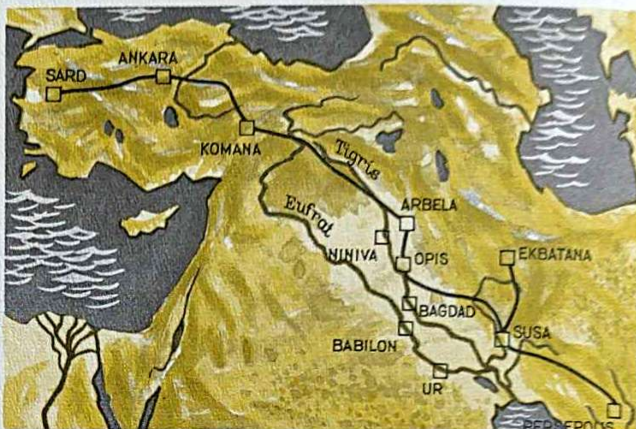
I Grci su trgovali jantarom. Njihov je put oko ←500. god. vodio od Crnog mora uz rijeku Bug, a zatim do rijeke Visle i njome do Baltičkog mora. Od više tisuća kilometara svih jantarskih putova ostala su samo dva ili tri traga praceste. Duž cesta nađeno je nešto više jantara i starih novčića, najviše u grobovima.



Užlijebljeni kolotrazi na prastaroj jantarskoj cesti na prijevoju Fern (Fernpass) u sjevernom Tirolu, na nadmorskoj visini od 1200 m

Najstariji jantarski put spajao je ušće Labe s Jadranskim morem





Perzijska cesta kralja Darija I, između Suse i Sarda, duga 2600 km

Kraljevske ceste. Na Prednjem istoku tlu današnjeg Irana, Iraka i Turske sagradio je perzijski kralj Darije I poslije ←521. god. kraljevsku cestu koja se prostirala u dužini od 2600 km od perzijske prijestolnice Suse do Sarda blizu današnjeg Izmira (Smirne) u Turskoj. Ova prva izgrađena državna cesta mogla se prijeći za tri mjeseca, a još za dva dana puta moglo se sići u Efez na obali Egejskog mora. Na razmaku od jednog dana hoda, tj. na svakih 20—25 km, bilo je *konačište*. Zanimljivo je da je kraljevska cesta prolazila podalje od svih naselja, a do njih su vodili izgrađeni ogranci, dakle, jednako kao što se danas grade auto-putovi. Darije nije htio da se prolazeći kroz gradove usporava promet i da mu pobunjeni gradski stanovnici ne prekinu važan put. Kraljevskom cestom jurili su glasnici, koji su izmjenjujući konje u odmorištima prenosili vijesti i zapovijedi od Suse do Sarda za deset dana. Cesta je prolazila smjerom koji je bio pogodan samo kraljevoj politici, pa nijedan osvajač nije je mogao iskoristiti jer nije vodila kroz važne utvrde.

Osim kraljevske ceste bilo je u tim krajevima i mnogo drugih putova jer je Sirija tada bila središte zapadnog svijeta i završna točka starih putova iz Indije i daleke Kine, središta istočnog svijeta. Glavna je prometna žila vodila preko današnjeg Pakistana, kroz vrtoglave prijevoje južno od Hindukuša, spuštala se kroz prijevoj Khyber (1030 m) u Taksilu, kulturnom središtu

s prastarim sveučilištem, a zatim je išla preko Petorječja (Pendžab) i indijskom nizinom ispod Himalaje preko Allahabada do današnje Calcutte (Kalkute). Tu 3600 km dugu kraljevsku cestu izgradio je kralj Chandragupta (Čandragupta) oko ←310. Osobitost ceste bile su voćke duž puta za okrepu putnika, *skele* kojima su se i kola prevozila preko mnogih rijeka i mnoštvo kraljevih uhoda koji su neprimjetno pratili putnike. Poslije nekoliko stoljeća slabi nasljednici moćnoga kralja izgubili su vlast nad cestom, kojom su zavladali uhode i razbojnici. Kroz nju su se probijali samo *Brinšarasi*, pleme koje je putovalo u velikim i jakim karavanama s pokretnom radionicom za popravak kola. Oni su noćili u logorima, gdje su kola poredali u krugu i tako sagradili privremenu tvrđavu za obranu od noćnih iznenađenja.

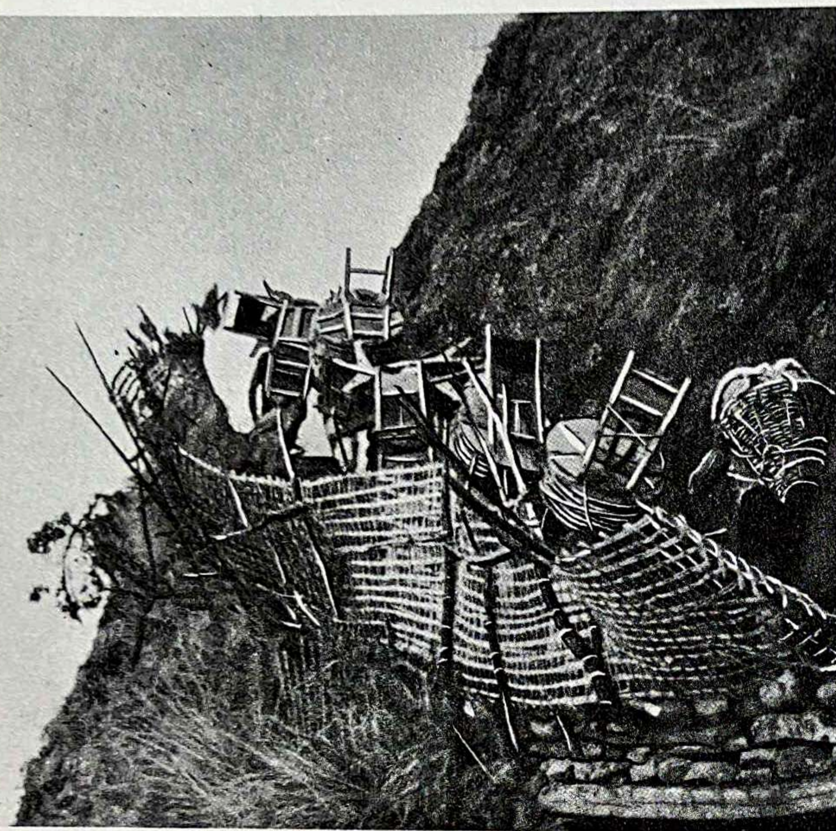
Put svile. Čuveniji je svakako put svile, koji je iz Kine vodio kroz čitavu Aziju do Sirije na Sredozemnom moru. U početku su Kinezi tim putem odlazili samo do Tarimske zavale u Khotan po zlato i glatki zelenkasti ukrasni kamen *nefrit*, što su ga pjesnici nazvali *žad*. Od njega su izrađivali balčake, ogrlice, kutijice i ukrasno kamenje na prstenima. Do Khotana su doskora doprli i trgovci sa zapada, pa se u njemu sastao kineski put Istoka sa sirijskim putem Zapada. Sirijski trgovci rado su kupovali svilu, a Kinezi biser. Moćni kineski vladar Ši-Hvang-Ti sagradio je ← 221. do ← 210. prvi veliki zid i prve kineske ceste prema zapadu. Njegov nasljednik Wu-Ti uputio je tim putovima kinesku trgovinu, ali na mnogim mjestima napadala su trgovce mnoga nomadska plemena. Stoga je Wu-Ti duž ceste postavio jake vojne postaje, pa je otad kineski dio puta bio siguran i označen *kamenim čunjevima*. Vojnici su obrađivali zemlju i hranili putnike na konačištima. Ali kad je Kina oslabila od unutrašnjih borbi, Huni su prekinuli sve putove. Konačišta su napuštena, pojila su presahla. a čunjevi razbacani. Tom 10 000 km dugom stazom kasnije su još nekoliko puta prolazile karavane od više stotina deva privezanih konopima u dugim redovima. Huni i drugi nomadi znali su u više navrata i za pola stoljeća obustaviti svaki promet na toj cesti. U razmaku od 1300 godina putovi svile bili su prolazni najviše 300 godina.

U doba mongolskog vladara Džingis-kana (1155—1227) putnici su bili sigurni na cesti svile s gusto raspoređenim poštanskim postajama, gdje je čekalo u pripremi i po 20 konja. Veliki kan Ogotaj (1185—1241) još je usavršio poštansku službu između Irana i Kine, ali poslije njegove smrti poštari su vrludali od naselja do naselja i više se brinuli za svoje poslove nego za državnu poštu. Poštanska služba bila je u to doba unosna jer su se poštari uz put bavili trgovinom, pa su se i visoki činovnici otimali da se uposle kao poštari. Ni smrtne kazne nisu pomogle da se uvede red, a u postajama jedva bi se našao i jedan konj. Za kana Kublaja (1215—1294), koji je imao prijestonicu u Pekingu, južni put svile postao je opet siguran za trgovce, putnike i diplomate. Njime je doputovao iz Sirije u Peking i naš zemljak Marko Polo (1254—1323) koji je opisao Khotan kao bogat trgovački grad u kojem ima svega u izobilju.

Put svile vodio je iz Kine, kroz čitavu Aziju, do Sirije na Sredozemnom moru. Kod jezera Tsing Haija dijelio se u dvije grane sjeverno i južno od pustinje Takla Makan. Na južnom ogranku nalazio se grad Khotan, koji je prema zapisima Marka Pola, bio vrlo bogat. Tu su se spajali istočni kineski put svile sa zapadnim putem, kojim su se iz Sirije dovozili koralji, biser i dragulji



Mnogo su još stoljeća deve hodale jedva vidljivim putovima svile sve dok brodovi nisu oplovili Rt dobre nade i donijeli svilu mnogo sigurnijim morskim putovima.



Egipatske ceste. Na drugom kontinentu, u Africi, egipatskoj zemlji davala je bogatstvo rijeka Nil, duga 1300 km i do 10 km široka, koja je natapala zemlju i po kojoj se sigurno i udobno plovilo. Zapadno od Nila nisu vodili nikakvi putovi jer se ondje protezala nepregledna pješčana pustinja. Ali na istoku pružao se drugi morski plovidbeni put duž Crvenog mora, udaljen ponegdje samo 150—200 km od doline Nila. Zacijelo je već u prastaro doba između Nila i morske obale vodila cesta, kojom se na magarcima i volovima prevozio tamjan i druga roba iz nepoznate prekomorske zemlje. U to doba u Egiptu još nije bilo deva. Kad su u istočnim planinama između Nila i Crvenog mora otkriveni zlato, zeleni škriljevci, crni granit i različni poludragulji, razgranale su se i ceste, koje su svršavale na obalama Nila. I kamenje za gradnju golemih faraonskih građevina kotrljalo se na valjcima po glatkim cestama od kamenoloma do Nila, odakle se prevozilo posebnim brodićima i splavima do najbližeg mjesta gradilišta, a zatim opet drugom cestom do samoga gradilišta.

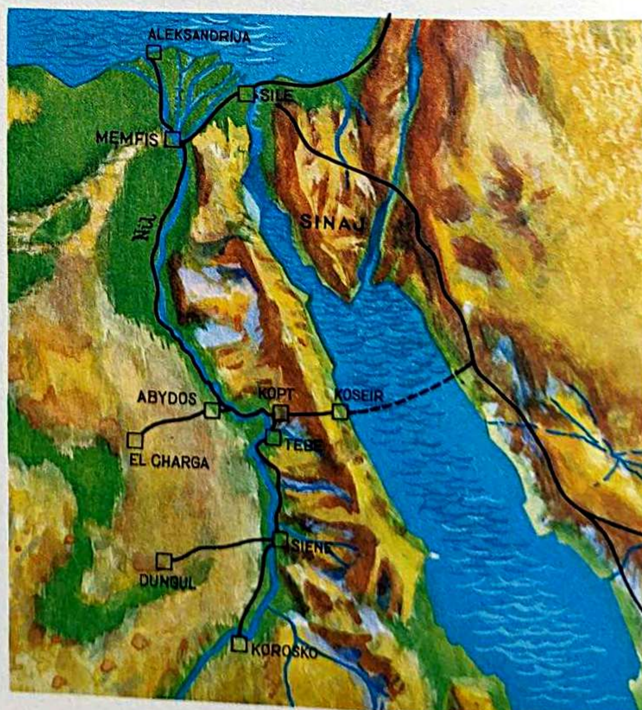
Važna je bila i *Horova cesta* koja je vodila iz graničnog grada Sile (kod današnje El Qantare), glavnog ulaza u Egipat iz Azije. Cesta je vodila preko mnoštva močvara, gorkih jezera i dubokih kanala, u koje su prenijeli na tisuće krokodila da neprijatelji ne bi preplivali vodu. Horovom cestom išli su faraoni u ratne pohode na istok, a njome su prodirali i veliki osvajači prema zapadu.

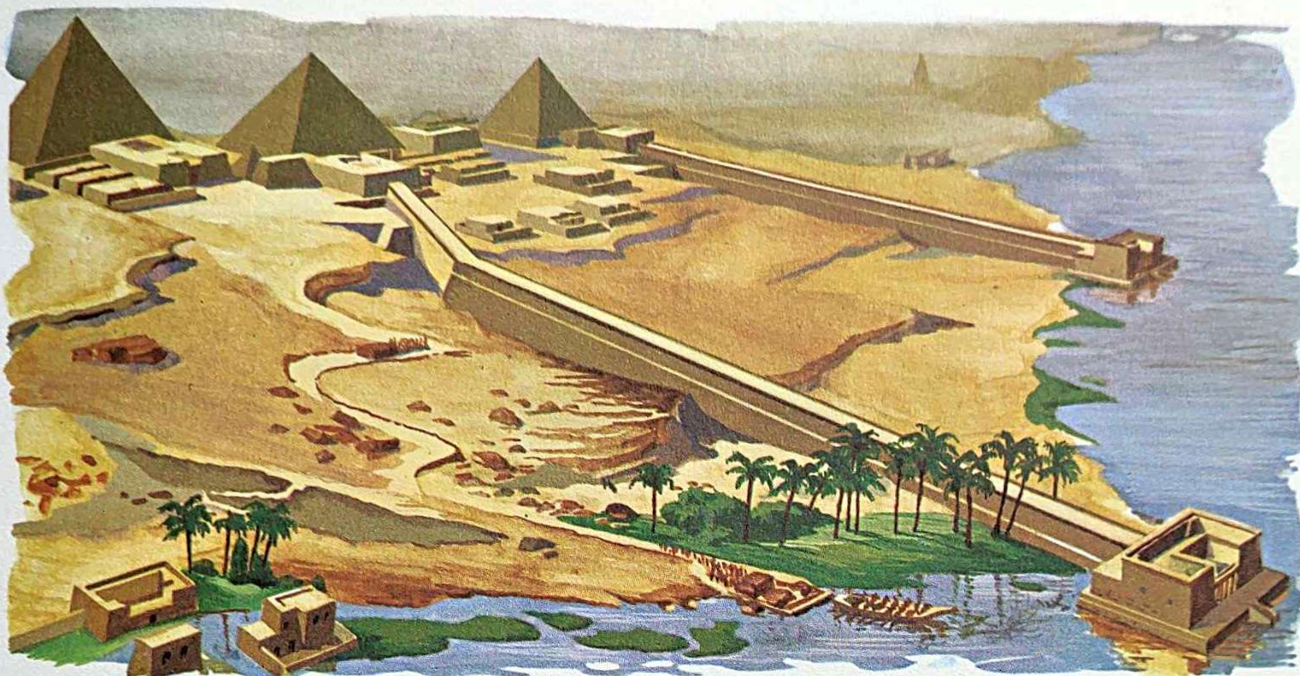
Četrdesetodnevni put. Čuven je bio i karavanski četrdesetodnevni put (Darb el Arbain), kojim su iz El Charge (Čardže), 170 km daleko od Nila, dovodili crne robove s juga. Trgovina robovima počela je u ←XIV st. kad se u Egiptu udomaćila deva, jer nitko drugi nije mogao izdržati 40 dana hoda na tom putu žege, suše i pustoši, koji vodi neprekidno u istom pravcu.

Središte trgovine u I st. bio je grad Kopt na Nilu u srednjem Egiptu, 170 km daleko od Crvenog mora. Na cesti, kojom se prevozila indijska i arapska roba iz Kopta u malu luku na Crvenom moru Koseir, skupile su se uskoro sve sirijske čete razbojnika. U čitavoj staroj egipatskoj povijesti nalaze se vijesti o zatiranju razbojnika na svim cestama, od sušnog juga do močvarne delte Nila.

Vrtoglave staze vode i sada uz okomite klisure azijskih planina

Glavna cesta u Egiptu ide uz Nil. Horova je cesta jedini ulaz iz Azije. Put tamjana dolazio je s Crvenog mora preko rubnih planina





Kamenje za gradnju golemih faraonskih piramida dovlačilo se na drvenim valjcima do obale Nila. Na pristanima se ukrcavalo na splavi od papirusa i plovilo niz vodu do pristana pokraj piramida. Tu se iskrcavalo sa splavi i dovlačilo do gradilišta. Kasnije su neke od tih staza nadsvođene i pretvorene u sjenovite putove od obalnog svetišta do piramide

Rimske ceste vodile su u Egiptu na jug do pograničnog grada Hiera Sicamina (nedaleko od Koroskoa blizu granice Sudana). Rimljani su uz mnoge putove u Egiptu gradili bunare i zaštićena logorišta. Ali mnogo dalje na jug prodirali su trgovci robova i bjelokosti iz Egipta i Sudana u srce Afrike karavanskim putovima kroz prašinu što su je uzvitlavale karavane od više stotina deva.

Cesta tamjana i mirodija. Trgovina tamjanom, u staro doba veoma važnom robom, i mirodijama veoma je obogatila Arabiju koju su stari pisci nazivali Sretnom Arabijom (Arabia Felix). Najskuplja roba u staroj trgovini dovozila se brodovima iz Indije na jugoistočnu obalu Arabije, a zatim se prenosila karavanama i od tisuću deva do Petre, gdje se put granao na dva ogranka. Jedan se nastavljao preko Sinaja u Egipat, a drugi je vodio u Palestinu, Siriju i Mezopotamiju sve do Trapezunta (današnji Trabzon) na obali Crnog mora. Grčki i fenički brodovi ukrcavali su tamjan i mirodije u lukama i razvozili ih po Sredozemnom moru. Put tamjana bio je mjestimično širok 4—5 m, na oštrim zavojima popločen, a na vrhovima planinskih prijevoja bile su u kamen stanac usječene stepenice. Ponegdje je put vodio između dva zida, ali u pustinji jedva se mogao zapažati u pijesku. Rimljani su bili posljednji osvajači na trgovačkom putu tamjana i mirodija u Augustovo doba, kada su poduzeli pohod u Sretnu Arabiju u nadi da će njezinim bogatstvom namiriti troškove svojih legija te napuniti državnu blagajnu. Arabija je tada bila puna zlatnog novca jer arapski trgovci nisu htjeli davati svoju robu za zamjenu, nego su je prodavali samo za gotov novac. Međutim, neumoljiva arapska pustinja i oštri koraljni grebeni u Crvenom moru skršili su moć rimske vojske i prije nego što je ona stigla do bajoslovno bogatih i krasnih gradova južne Arabije.

Put tamjana i mirodija napokon su uništili jedrenjaci koji su oko Rta dobre nade zaplovili pogodnim monsunskim vjetrovima u Indiju. Otad svila i mirodije iz Dalekog istoka dolaze samo do Indije, a odanle se prevoze morem u Evropu. Kasnije se morski put u Evropu skraćuje jer prolazi kroz Sueski kanal, ali od tog puta Arabija nije imala više nikakve koristi budući da brodovi nisu pristajali uz njezinu obalu.

I sada je strašno pustinjsko bespuće kojim su nekad dovođeni robovi





Procesijska cesta Aibur Shabu u Babilonu sagrađena je oko ← 600.



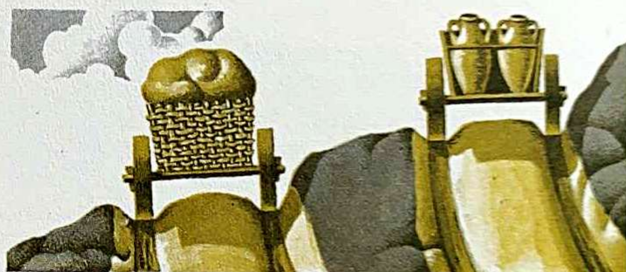
Osobito dobra procesijska cesta ispred hrama boginje Ištar u Asiru

Ceste hodočasnika. Muhamed je krenuo 628. s vjernicima putem tamjana iz Jatriba (danas Medina) na hodočašće u Meku, a poslije njegove smrti 632. pretvorio se taj dio ceste tamjana u islamski hodočasnički put. Hodočašćenje u Meku započelo je u većoj mjeri u V st. U islamskom svijetu raširila se mreža hodočasničkih putova kroz cijelu Sjevernu Afriku, Evropu južno od Dunava te kroz zapadnu i južnu Aziju. Hodočasnici iz Male Azije, Mezopotamije i Perzije skupljali su se u Damasku i odatle kretali u skupini koja je brojila i do 50 000 ljudi u Meku s golemim zalihama hrane i robe jer su pobožnost vezivali s trgovinom. Hodočasnici iz zapadne Afrike bili su na putu i do godinu dana, a sastajali su se u Kairu, kamo se slijevala i rijeka Egipćana i Sudanaca s juga. Iz Afrike su hodočasnici gonili pred sobom i stoku koliko im je trebalo za hranu. Hodočasnici su na putu strahovali od Beduina i drugih plemena, od razbojnika na putovima i pirata uz obale, od žara sunca i žege, a ponajviše od kolere i drugih zaraznih bolesti. Na tisuće hodočasnika označivalo je staze i putove svojim kostima.

Kršćanski hodočasnici u Jeruzalem putovali su u srednjem vijeku uglavnom starim rimskim cestama. Putovanja iz Portugala, Španjolske, Francuske i drugih zemalja na Sredozemlju bila bi ugodnija brodovima, ali su berberski i drugi pirati iz Alžira, Tunisa i Prednjeg istoka prisilili hodočasnike da izaberu radije duge ceste na kojima je ipak bilo nešto manje opasnosti. U to doba gradilo se duž hodočasničkih cesta mnogo konačišta i samostana prihvatišta, od kojih su mnogi sličili na tvrđave. Ceste, su tada živjele svojim životom. Na njima i u konačištima nitko nikoga nije poznavao, nitko putovima nije upravljao čvrstom rukom, pa se duž cesta okupilo mnogo muškaraca i žena koji su se bavili nepoštenim poslovima.



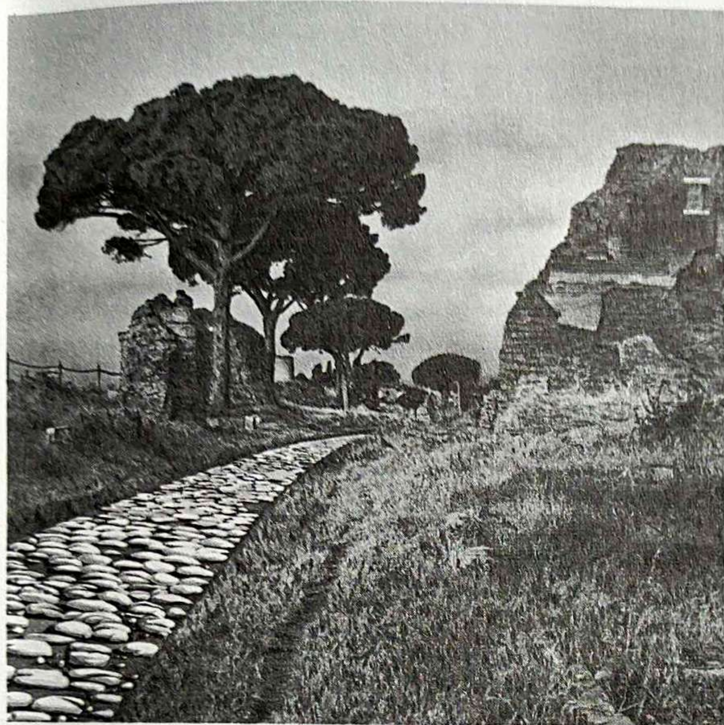
Kraljevska svečana povorka na asirskoj popločanoj cesti ograđenoj rubnim zidovima, po kojima je hodala kraljevska počasna straža



Ilirska cesta u Dalmaciji s dvostrukim kolotrazima za mimoilaženje

Kameni kolotrazi. Na mnogim mjestima gradile su se ceste s uklesanim kolotrazima u živu kamenu. Na otoku Malti i otočiću Gozzo (Goco), gdje i po 7 mjeseci za proljeća i ljeta ne padne ni kapi kiše, stanovnici su već u kameno doba, sigurno prije 3000 godina, izdubli u stjenovitim obroncima vrlo strme kolotrage, po kojima su muškarci i žene vukli teške dvokolice. Na njima su u zemljanim posudama prevozili vodu iz škrtih izvorića u uvalama i dolinama pokraj mora do malih krpica zemlje ograđenih gromačama da ih zimski pljuskovi ne isperu. Neobične kamene pruge usječene su do 30 cm duboko u stijene, a pri dnu su široke oko 10 cm. I danas se dobro vide kolotrazi što vode do malih polja na visočju. Na nekim se mjestima granaju i opet spajaju kao na nekom kolodvoru. Svi su kolotrazi jednako široki, točno 137 cm, što je odgovaralo razmaku kotača.

Ilirske ceste. Mnogo takvih cesta sagradili su i Iliri u dalmatinskom i hercegovačkom kršu. I danas se vide do 10 km dugi kolosijeci između Ervenika i Krupe.

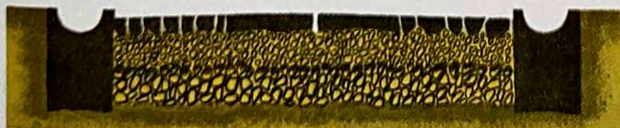


Via Appia Antica kod Rima, lijevo prednja zgrada Kvintilijeve vile

Teško je bilo sjeći široku cestu u živ kamen primitivnim oruđem toga doba. Mnogo su se lakše i brže mogla istesati samo dva kolotraga. Kod sela Vid (stara Narona kod Metkovića) vide se takva dva kolosijeka. Strmijim su se kola spuštala, a blažim nagibom penjala.

Iliri su takvim cestama prevozili zlato, srebro, bakar i željezo, mramor i različnu robu. Rimljani su neke ilirske ceste kasnije proširili i do 6 m te u njima uklesali još nekoliko kolotraga.

Svete ceste. Asirski su kraljevi oko godine 700. gradili glatke ceste za procesije da se na njima nitko ne spotakne jer ako posrnu konji koji vuku kola s likovima bogova ili na kojima se vozi kralj ili koji svećenik, »narod bi izgubio zdrav razum«. Stoga je bilo razumnije sagraditi glatku cestu od nekoliko redova opeka u asfaltu i preko toga položiti glatko isklesane ploče nego gušiti pobune.





Gore: kretska cesta s rubnjacima i 3 sloja lomljenca, tučenca i ploča
Desno: najstarija rimska cesta Via Appia, sagrađena ← 312. Vodila je najprije do Capue. Kasnije je produžena do Brundisija na Jadranu

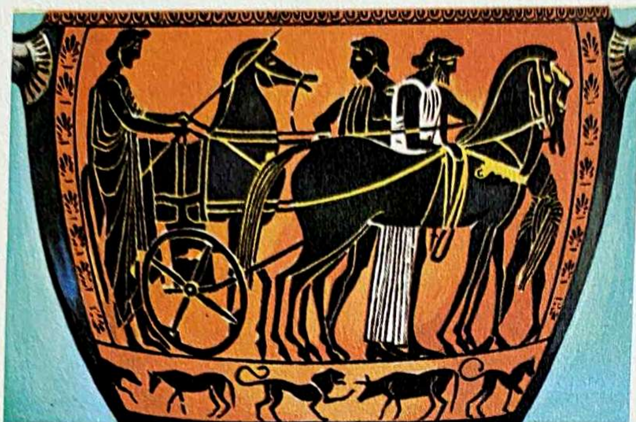
Asirske su ceste bile široke oko 6,5 m i ograđene 2 m visokim zidom.

Do nekih asirskih hramova vodile su ceste s užlijebljenim kolotrazima. Danas se dobro razlikuju tri takva duboko usječena kolotraga. Na poravnano tlo Asirci su polagali izmjenično tri sloja bitumena, dva sloja opeka i kamene ploče s užlijebljenim kolotrazima.

Kretska cestovna mreža. Asirske ceste vodile su od naselja do hrama, a malteške ceste od izvora do visokih ograđenih polja. Na otoku Kreti izgrađena je prije 4500 godina prava mreža izvrsnih cesta koje su bile bolje građene nego poneke u novom vijeku. Krećani bi najprije iskopali oko 20 cm dubok i 4 m širok jarak i dobro mu utabali dno. U nj bi zatim polagali krupno kamenje u smjesu od gline i sadre i tako izradili nepropustan sloj. Povrh njega bi nasipavali elastičan sloj od sitna tučenca u smjesi od gline i pijeska, a preko njega bi polagali u sredini ploče od bazalta, a s obje strane pločice od vapnenca u sadrenoj smjesi. Na nekim cestama umetali su sa strana rubne kamene i žljebnjake, a poneke su ograđivali 4 m visokim zidovima koji su putnike štitili od sunca. Krećani su bili bogat pomorski narod, naučili su udobno putovati morem, pa su i na bregovitom kopnu htjeli putovati također udobno.

Grčke svete ceste. Grci su smatrali svoje ceste svetima. Voće uz cestu bilo je namijenjeno putnicima. Onaj koji bi putnika uputio krivim putem, bio je teško kažnjen. Svet je bio i rub ceste,





Grčka kola sa spregom, prema slici na jednoj staroj ukrasnoj posudi

stoga su Grci željeli da budu i pokopani barem uz cestu ako nisu mogli naći mjesta na raskršćima ili pred gradskim vratima gdje je saobraćaj bio najživlji. U planinama su i Grci usijecali kolotrage u kamen stanac, pa je na takvim cestama dolazilo do žučnih prepirki pri ukrštavanju. Doista, nije bilo lako dizati teška kola iz dubokog kolotraga, a ponegdje nije bilo ni mjesta da se uklone.

Grci su svoje ceste prilagođivali tlu, pa se one izdaleka nisu ni zamjećivale. Kao da nisu htjeli kvariti sliku tla. Gradili su preko rijeka drvene i kamene mostove, ali bez lukova, koje još nisu znali izrađivati. Stupovi su svršavali konzolama, preko kojih su bile položene grede, ili su se konzole pri vrhu spajale tako da je preko njih mogao prijeći kameni put.

Grci su znali isušivati močvare, a sagradili su i posebnu glatku cestu s drvenim ispupčenim kolosijecima, po kojoj su na drvenim oblicama prevozili brodove preko korintske prevlake. uskog kopnenog jezika što spaja Peloponez s kontinentom.



Rimske ceste. I danas se čuje uzrečica »svi putovi vode u Rim«, koja potječe iz onog doba kada su Rimljani gradili izvrsne ceste od Škotske na sjeveru do Sahare na jugu te od Španjolske na zapadu do Mezopotamije na istoku. U šest stotina godina počevši od ←312, sagradili su mrežu sa 400 000 km izgrađenih cesta, od čega je 80 000 km otpadalo na ceste prvoga reda.

Najstarija je rimska cesta *Via Appia*, koju je ←312. sagradio graditelj Appije Klaudije. On je pri gradnji morao popravljati kanale i isušivati močvare, nasipavati duge nasipe i izgrađivati visoke potporne zidove. Cesta je vodila najprije do Capue (Kapue) kroz siromašan i malaričan kraj. Kako se Capua nalazila već usred bogatoga žitorodnog kraja, tom je cestom dolazilo najviše







Glavne rimske ceste na teritoriju Jugoslavije vodile su iz Aquileie gotovo istim smjerovima kao što teku naše najnovije magistrale

Lijevo: glavne rimske ceste u Evropi, Maloj Aziji i sjevernoj Africi

žita u Rim. Kasnije je ona produžena sve do Brundisija (današnjeg Brindisija), gdje je svršavala i *Via Traiana*, koja je dolazila sa sjevera duž jadranske obale. Brundisij je otad pa do danas najvažnija luka za prijelaz preko Jadrana na Balkan i u Grčku.

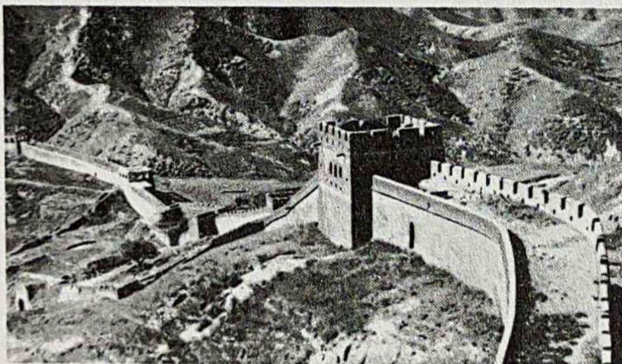
Rimljani su naučili cestogradnju od Etruščana, ali su je kasnije usavršili. Osobitost je njihove gradnje bio prkos tlu. Oni nisu kao Grci prilagođivali cestu zemljištu, nego su tlo brazdali, nasipavali, gradili vijadukte, mostove i usjeke kako bi cesta bila što ravnija i sa što manje strmina. Ponajprije su dobro poravnavali tlo i učvršćivali temelj. U močvarama su zabijali jake stupove i tek na njima polagali temelje budućih cesta. Na temelj su polagali najprije krupno kamenje vezano ilovačom ili vapnenom žbukom, zatim sitniji tučenac i na vrhu bi uravnavali šljunak. Glavne su putove i popločavali. Sve su rimske ceste bile građene po istom sistemu i tvorile su zatvorenu mrežu, koju su dopunjavale ceste sporedne važnosti.

Glavne rimske ceste pružale su se ravnom crtom. Takve ceste bile su pogodne za rimska kola s negibljivim osovinama, koja se nisu mogla okretati oko oštrih zavoja. Da izbjegnu strmine, Rimljani su podizali visoke i duge nasipe. Ako je cesta morala prijeći neku dolinu, nije se vodila do njezina dna, nego se gradio visok vijadukt s mnogo malih gusto raspoređenih lukova u dva

reda jedan povrh drugoga. Ako je cesta imala prolaziti duž neke doline, gradili su je uvijek visoko iznad dna duž padina ili čak hrptom, jer tu joj nisu prijetile poplave ni neprijateljske zasjede. I ceste preko alpskih prijevoja prolazile su povrh dolina na desnom ili lijevom obronku. Rimljani su izumitelji cestovnih tunela. Probijali su ih vrlo teško i sporo, oko desetak metara na godinu. Najveće teškoće zadavalo im je zračenje i usmjerivanje osi ceste s oba kraja brijega.

Oko ←300. Rimljani su upotrebljavali *caementum* (cementum), smjesu od šljunka i vapnene žbuke, kojom su vezivali krupno kamenje u temelju. Kasniji je izum *puzzolan* (pucolan) iz kamenoloma Puteola (danas Pozzuoli č. Pocuoli) blizu Napulja. Smjesu puzzolana i vapna upotrebljavali su kao što se danas upotrebljava cement.

Širina rimskih cesta bila je određena zakonom. Najmanja širina iznosila je 2,40 m, ali na Alpama su bile ceste i uže. U Galiji i Maloj Aziji, gdje je zemljište bilo jeftinije i gdje su ceste morali graditi pokoreni narodi, bile su one široke i do 8 m. Iako su rimske ceste bile građene, bez obzira na troškove, s veoma debelim kolovozima kao za vječna vremena, ipak su se brzo trošile jer nisu bile dovoljno gipke. Tvrde kamene ploče na krutoj podlozi brzo su pucale, u pukotine je prodirala voda i razarala cestu. Zbog toga se ipak ne može umanjiti vrijednost rimskih cesta,



Važna vojna cesta vodila je po velikom kineskom zidu. Upotrebljavala se u vojne svrhe za premještanje vojnika na ugrožena mjesta Desno: presjek izvrsne rimske ceste na planinskom pristranku

koje su Rimljani redovito popravljali. Osobito im treba priznati što su sagradili prostrane cestovne mreže. Oko 330. moglo se npr. dobrim cestama putovati od Hadrijanova zida u Škotskoj preko današnje Engleske, Francuske, Italije, Jugoslavije, Bugarske, Turske, Prednjeg istoka i Egipta u Sudan do etiopske granice. Koliko bismo i danas morali prijeći loših cesta na tom 7400 km dugom putu! U rimsko doba moglo se dobrim cestama obići i čitavo Sredozemno more.

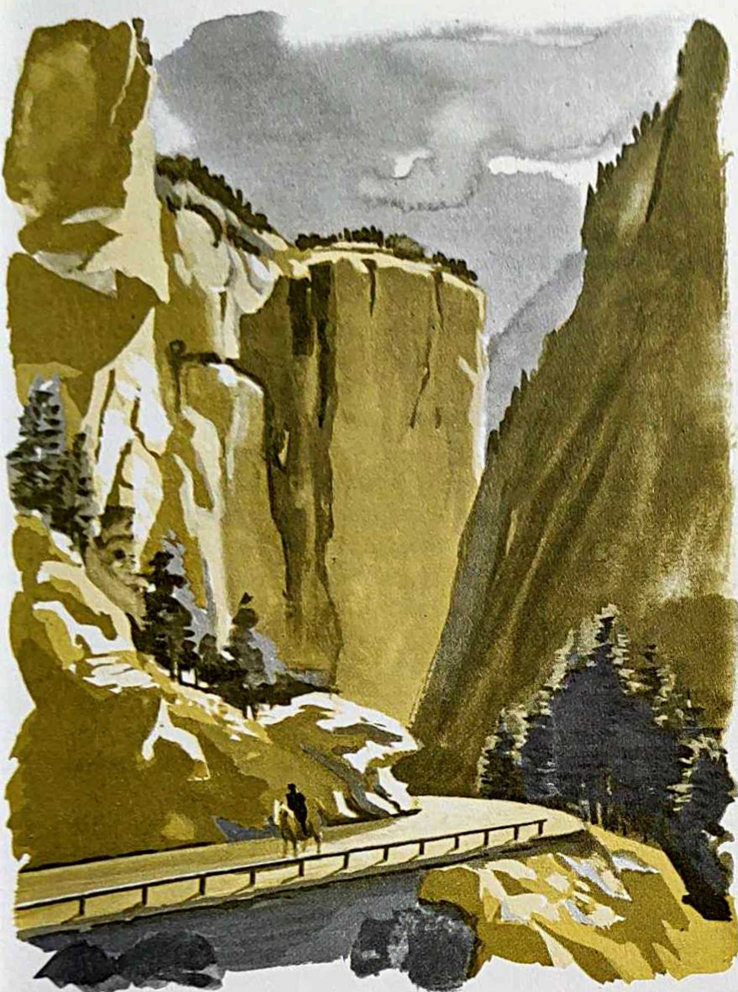
Kroz Jugoslaviju su prolazile tri glavne ceste. Jedna je vodila smjerom: Aquileia — Tergeste (Trst) — Tarsatica (Trsat) — Senia (Senj) — Burnum (kraj Ivoševaca) — Salona (Solin) — Narona (Vid kod Metkovića) — Epidaurum (Cavtat) — Risinium (Risan) — Ulcinium (Ulcinj) — Dyrrhachium (Drač) — Thessalonica (Solun) — Byzantium (Carigrad). Druga je vodila smjerom: Aquileia — Emona (Ljubljana) — Siscia (Sisak) — Sirmium (Sremska Mitrovica) — Singidunum (Beograd) — niz Dunav — Tomis Constantiana (Constanta, č. Konstanca) na Crnom moru. Treća cesta, kao odvojak vodila je iz Emone (Ljubljane) smjerom: Mursa (Osijek) — Singidunum — Naissus (Niš) — Serdica (Sofija) — Byzantium. Bilo je i nekoliko poprečnih cesta, kojima se prevozilo zlato, željezo i druga roba.

Rimljani su ponegdje dubli kolotrage u kamenito tlo na svojim cestama, osobito na opasnim prijevojima. Tako se npr. kod nas na otkrivenim tragovima rimske ceste, koja je vodila iz Prologa preko Umca i Petrovca u dolinu Sane, vide kolotrazi razmaknuti 1,20 m, a ta širina točno odgovara razmaku kotača na osovinama rimskih kola.

Rimljani su putovali s golemom pratnjom. Neronova žena Popeja Sabina vodila je sa sobom zlatom okićene životinje i 500 magarica da bi se uz put mogla kupati u toplu mlijeku. Imućni putnici spavali su u kolima ili u šatorima, što bi ih predvečer podizali sluge, samo da se u konačištima ne miješaju s rajom. Bili su to prvi kampovi uz ceste. U to doba bilo je mnogo gostionica s prenoćištima, gdje su putnici mogli naći i svakakve zabave. Ali gostioničari i gostioničarke bili su na zlu glasu, a još gori su bili razbojnici, koji su u gostioničarima imali svoje ortake. Najviše je razbojnika bilo u Maloj Aziji i sjevernom Egiptu, ali bilo ih je mnogo i u Italiji, pa i u predgrađima samog Rima.



Propast carstva i ceste. Nakon propasti Zapadnorimskog Carstva ceste su postale zapuštene i neprolazne. Ipak su kola vozila po njima jer drugih putova nije bilo. Putovalo se vrlo sporo, a opasnostima od razbojnika pridružile su se i opasnosti od jaruga i odvaljenih rubova. Ni oštećeni mostovi nisu bili nikakva rijetkost.



Prva alpska cesta sagrađena je 1805. po Napoleonovom nalogu preko prijevoja Simplona; gradilo ju je 6000 radnika, a poginulo ih je više od 700. Klanac Gondo na vrhu Alpa, progutao je najviše žrtava

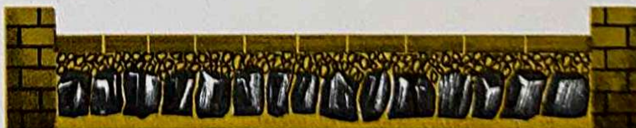
NOVIJE CESTE U EVROPI

Makadamske ceste. U Evropi je jedna od prvih zemalja bila Nizozemska koja je shvatila važnost putova i pristupila popravcima starih cesta i gradnji novih.

U *Engleskoj* je postojalo nekoliko zakona o cestama, od kojih je jedan određivao da se ima spaliti šuma i grmlje 200 stopa sa svake strane ceste kako bi se otešćali razbojnički napadi. Uz ceste su bila izvrsna i udobna konačišta, pa su neka iz tog vremena na glasu i danas. Za razliku od rimskih i drugih konačišta u Italiji, u koja bolji putnici nisu zalazili. Stanje cesta se popravilo u Velikoj Britaniji i u drugim državama kad je potkraj XVIII st. inženjer *John Loudon MacAdam* (Džon Laudon Mekedm) uz pomoć štampe i parlamenta prisilio britansku vladu da odvoji više novca za popravak cesta. Primjer Velike Britanije slijedile su uskoro i druge države, pa su i one *makadamizirale* (naziv po MacAdamu) svoje ceste, tj. na čvrst temelj dale su nasuti oko 25 cm debeo sloj tučenca. Međutim, poslije MacAdamove smrti ceste su bile opet zapuštene.

U *Francuskoj* su Rimljani izgradili mnogo više cesta nego u Engleskoj, ali su one i brže razorene jer su bile izgrađene od boljeg materijala. Seljaci su iz njih vadili krupno kamenje i istesane rubnjake za gradnju kuća i staja, a rupe su zatrpavali prućem i zemljom. Tek 1185. dao je Filip II prinosom bogataša popločati glavne pariške bulevare, ali na cestama je stanje postalo još gore. U Francuskoj su velikaši i biskupi ubirali na svojim imanjima cestarine, novac za most, novčić »za prašinu«, daću za kola, za tegleću stoku, konačište i potkivačnicu, ali najviše što bi tim novcem uradili je to, što su zatrpavali jaruge prućem. Budući da je Pariz postao središte države, trebalo je ipak izgraditi nove putove prema njemu jer stare rimske ceste nisu vodile pogodnim smjerom. Te su ceste na jednom kraju propadale prije nego što bi se na drugom kraju izradile, a kasnije se više nisu ni popravljale. Zbog razbojnika i tu se sjeklo grmlje 200 m sa svake strane glavnih putova. Prva dobra cesta što je spajala Pariz sa Orléansom sagrađena je 1556, a zatim je produžena do velikaških dvoraca na Loiri (Loari). Od te ceste francuska privreda nije imala velike koristi.

Tek sredinom XVII st. zaslugom inženjera *Gautiera* (Gotijea) pod ministrom *Colbertom* (Kolberom) ceste su se brže popravljale, a sagrađene su i nove tako da je Francuska uskoro imala oko 25 000 km najboljih cesta u Evropi. U XVIII st. u doba novčanog rasula prije revolucije u Francuskoj su građene raskošne ceste koje su služile uglavnom samo dvorskim kočijama. Preko močvara građeni su skupi nasipi i ukrašeni mostovi, a na planinama široki zavoji lijepim vidicima. Na sloj pijeska polagali su kamene ploče koje su na većim razmacima bile učvršćene poprečnim kamenim blokovima. Glavni teret pri gradnji tih raskošnih cesta snosili su seljaci. Oni su ionako slabo živjeli obrađujući tuđu zemlju, a sada su ih vukli i na *kuluke*. Seoski i trgovački putovi tada su još brže propadali. Neki povjesničari smatraju jednim od uzroka revolucije i *kuluk*.





Prve moderne ceste u Engleskoj gradio je inženjer John L. MacAdam. Po njemu se ceste s kamenom podlogom zovu makadamske ceste

U Francuskoj osnovana je u Parizu godine 1747. škola za mostove i ceste (*École de Ponts et Chaussées* — Ekol de Pon e Šosé), a njezini upravitelji uveli su nov način gradnje cesta. U temeljni jarak polagalo se najprije krupno čunjasto kamenje okrenuto vrhovima prema gore tako da je tučenac idućeg sloja mogao dobro uleći u podlogu. Drugi i treći slojevi bili su od šljunka i pijeska. Tako su se otad gradile sve nove ceste.



Cestom čaja prolaze još tri tisuće godina nepromijenjene vrste kola

Napoleonove ceste. Napoleon je kao artiljerijski oficir znao ocijeniti značenje cesta kojima su se prevozili topovi. Poslije revolucije zatekao je oko 50 000 km cesta, ali su one bile gotovo neprolazne. Stoga je već kao konzul odredio da se popravljaju sve ceste u Francuskoj i u drugim zemljama, a mnogo je novih cesta izgradio i širom Evrope, pa i kod nas. Dvije najkrupnije gradnje bile su prijevojne ceste preko Alpa kod *Simplona* i preko *Mont Cenisa* (Mon Senia).

Simplonsku cestu gradio je 1802—1805. neviđenom brzinom sposoban inženjer *Nicolas Céard* (Nikolas Sear) sa 6000 radnika i golemom količinom eksploziva. Nije lako bilo upravljati tisućama radnika na ledenim nepristupačnim padinama, često bez dovoljno novca za plaće, a osobito poslije nesretnih slučajeva koji se nisu mogli izbjeći. Kod tih gradnji poginulo je oko 700 ljudi. Lijepa cesta, široka za dvoja kola, sa 600 mostova i usponom od samo 9%, sa stajama za stoku i zaklonima za ljude, još se i danas smatra tehničkim velikim djelom.

Nakon ove ceste izgradili su Napoleonovi inženjeri još tri prijevojne ceste preko Alpa. Napoleon je 1804—1812. potrošio na ceste dvaput više novca nego za sve utvrde i građevine u Parizu i u cijeloj Francuskoj.

U *Njemačkoj* je Napoleon izgradio samo dvije ceste: iz Metza (Meca) u Mainz (Majnc) i od Visle do Hamburga. Iako je u Njemačkoj već za

Serpentine auto-ceste u dolini Reuss, ispod prijevoja Sankt Gottharda, 2114 m nad morem. Dolinom uz bujicu prolazila je 1293. karavanska staza. Prijevojem su često prolazile vojske; 1708. probijen je 64 m dug tunel koji olakšava prolazak. Prva su kola prošla 1775. a 1799. vodila se bitka između Francuza i Rusa. Poštanska cesta dovršena je 1830. Lijevo gore zaštitna galerija protiv lavina



Napoleonova je druga alpska cesta Lanslebourg—Susa, prijevojem Cenis (2084 m), stajala više od simplonske. (Prema bakrorezu iz 1830)

križarskih ratova bila dobro razvijena trgovina, ceste su bile posve zanemarene. Osim toga, na cestama je vrijedio običaj *Grundruhr* (Grundrur — dodir tla) da se roba plijeni ako dotakne tlo. Dovoljno je bilo da se jedna bačva otkotrlja s kola na zemlju pa da se zaplijeni čitav tovar. Razumljivo je da je pri takvu običaju, koji se kasnije pretvorio i u zakon, vlasniku zemljišta išlo u račun da na cesti bude što više graba. U to doba svi neizlječivi bolesnici, bogalji, gubavci i dr. smještali su se u bolnice koje su se gradile pokraj cesta, najčešće na velikim raskrsnicama, kako bi ti bijednici mogli živjeti od putničkih milodara. Tako su ceste postale i rasadnici zaraza. U Njemačkoj ceste nisu bile svete, kao nekad u Grčkoj, već naprotiv zloglasne. Na raskrsnicama su kao opomenu razbojnicima vješali zločince i kamenovali razvratnike.

Prve nove i dobre ceste počele su se graditi 1789. ali do 1839, kada je Leipzig (Lajpcig) povezan parnom željeznicom s Dresdenom (Drezdenom), nije izgrađeno više od 600 km cesta. Poslije toga željeznica je oduševila čitav narod, pa se prugama posvetilo više pažnje, a ceste su opet propadale.

Na teritoriju *Italije* bilo je u srednjem vijeku mnogo malih državica, od kojih nijedna nije imala dovoljno novaca da bi ih mogla ulagati u ceste. Jedino je Napuljska država sagradila i popravila nekoliko cesta oko samog Napulja. U drugim krajevima putnici su se probijali zapuštenim starim putovima kroz mnoštvo razbojnika.

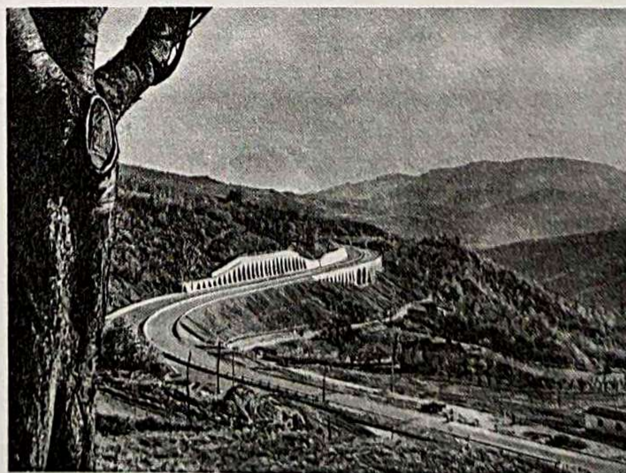
U *Rusiji* je započela gradnja novih cesta za Katarine II, ali je njezin plan za to doba bio odviše smion i odviše skup. *Velika sibirska cesta* iz Petrograda (sada Lenjingrada) preko Moskve, Perma, Tobolska i Irkutska na Bajkalskom jezeru započeta je 1781, ali je dovršena mnogo poslije željezničke pruge. Prema tome, Sibiriju je osvojila željeznica, a ne cesta.

Mnogo su bile važnije neke stare ceste, kojima su trgovci putovali saonicama sa psećom spregom, i to najviše potkraj zime, kada su noći već bile kraće, tlo pod snijegom, a vode smrznute. Najvažniji je trgovački grad bio Novgorod na rijeci Volhov. Tom rijekom, zatim Ladoškim jezerom i rijekom Nevom bio je taj grad povezan s morem. Već u XII st. u Novgorodu je bilo mnogo inozemnih trgovaca, a u XIII st. dovozili su onamo Nijemci, Danci i Šveđani brodovima platno, kovanu robu, olovo, sumpor i kasnije barut, što su mijenjali za rusku robu: krzna, kožu, perje i konoplju. Grci su dolazili s juga sa svilom, biserom, srebrom i zlatom, a Arapi nisu zamjenjivali robu, nego su je kupovali gotovim novcem. Stoga se u Rusiji i duž obala Baltičkog mora nalazi mnogo arapskog novca.

Cesta čaja. Čaj iz Kine stigao je u Rusiju prije kopnom nego u Englesku morem, a kako je uskoro kineski čaj postao znak otmjenosti na prijemima u Petrogradu, uvoz se naglo povećavao. »Karavanski čaj«, ukusniji od onoga što je stizao preko Crnog mora, dolazio je iz Pekinga kroz pustinju Gobi u naselje Kjahtu južno od Bajkalskog jezera. Odatle do Petrograda cesta čaja bila je duga oko 4200 km. Na nekim mjestima bila je dobro izgrađena, ali većim dijelom bila je to karavanska utabana staza. Mala ruska granična postaja Kjahta brzo se razvila u bogat grad, a čaj je u to vrijeme bio najvažnija trgovačka roba. Ali već poslije 12 godina, tj. 1901, otvorena je sibirska željeznica, i cesta čaja brzo je opustjela.

Pošto su se izradile meteorološke karte stalnih oceanskih vjetrova, otkrili najpogodniji morski putovi za jedrenje niz monsune i pasate, a veliki prekooceanski jedrenjaci *čajni kliperi* dostigli vrhunac savršenstva i plovili brže od prvih parobroda, čaj se dovozio iz Kine u Evropu morem, preko Indijskog oceana i oko Rta dobre nade, brže nego željeznicom. Cesti čaja gotovo se posve zameo trag.

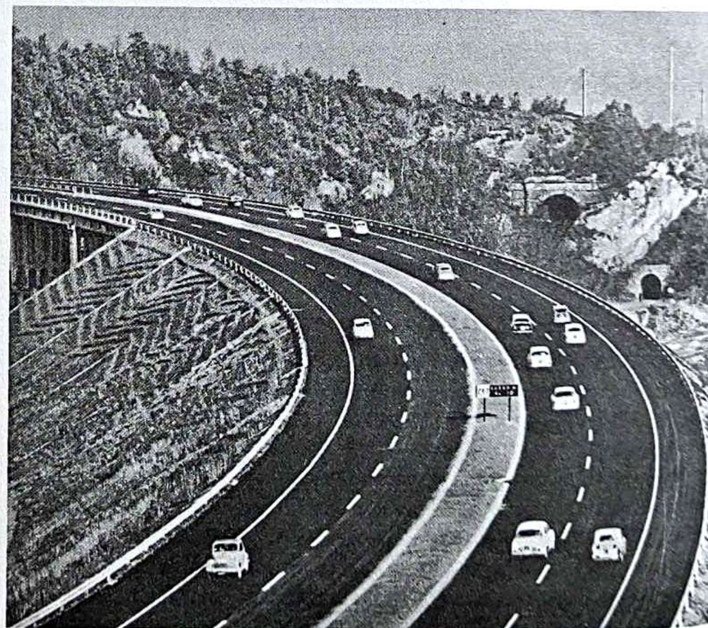
Talijanska Autostrada del sole s vijaduktom i zasjekom između Bologne i Firence. U prednjem planu lijevi kolnik prolazi iza brda



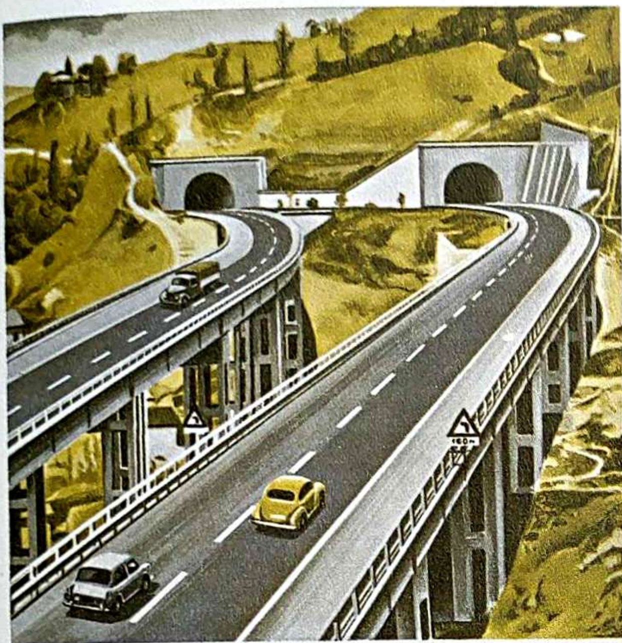
AUTO-PUTOVI

U svjetskom ratu 1914—1918. automobili su premašili sva očekivanja. U bitki za Marnu pobjedi su pridonijeli pariški taksiji jer su na vrijeme prebacili francusku vojsku, koja je zaustavila njemački prodor. Putnički automobili, kamioni i tenkovi iznenadili su i one koji su im odavna proricali brz razvoj. Poslije rata vojne uprave su rasprodale mnogo još upotrebljivih kamiona, a tvornice tenkova usmjerile su proizvodnju na automobile koje su izrađivale na tekućim vrpcama. Stoga su uskoro planovi za gradnju cesta zaokupili svijet kao prije desetak godina željezničke pruge. Već 1929. prolazilo je nekim cestama više od 3000 automobila na sat, a među stručnjacima vodile su se diskusije da li treba za takav promet preuređivati stare ceste ili graditi posebne auto-putove po posve novim planovima.

Njemačka. Kako stroga berlinska policija nije dopuštala da početnici uče voziti za vozački ispit na cestama i ulicama, utemeljeno je u Berlinu društvo koje je 1909. počelo graditi 10 km dug put namijenjen samo učenicima vozačima i za iskušavanje automobila. Taj prvi auto-put dovršen je 1921. za automobilske izložbe u Berlinu.



Pri gradnji su iskušavani različni strojevi i građevinski materijali, a dolazili su i inženjeri iz mnogih država da prouče sistem gradnje. Na temelju tih iskustava 1929. je započela gradnja prvog auto-puta iz Kölna (Kelna) u Bonn koji je bio dug 20 km, prelazio je druge ceste bez križanja, najveći je uspon imao samo 2%. Na nj se moglo doći samo na početku i na kraju ceste. Kolnici na toj cesti nisu bili odijeljeni zelenilom, nego samo bijelom prugom, pa su se događale mnoge nesreće. Kilometar toga auto-puta stajao je oko 400 000 maraka.



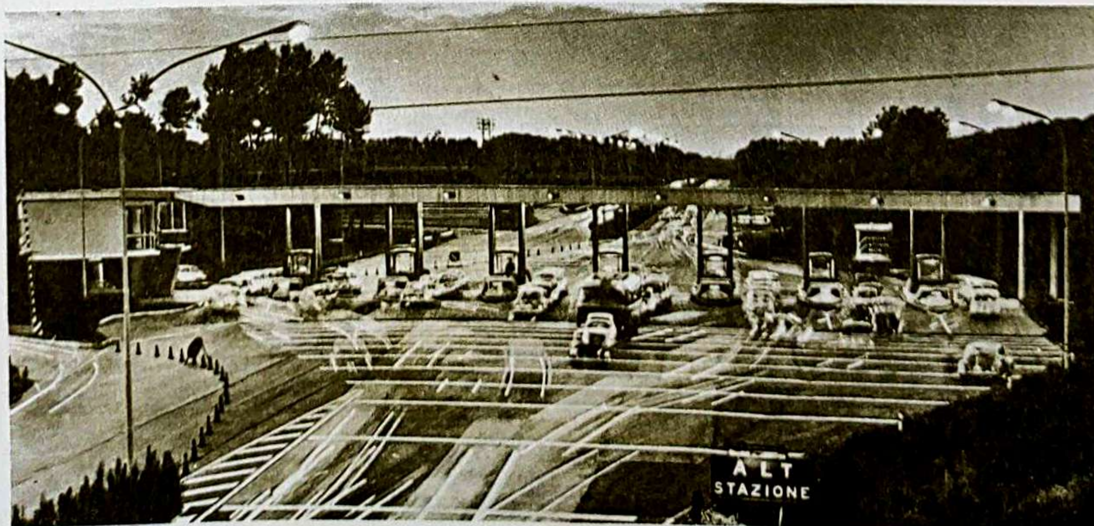
Gore: dva vijadukta i tuneli na talijanskoj Autostradi del sole. Vrlo skupa dionica puta na Apeninima, između Bologne i Firence

Lijevo: talijanska Autostrada del sole oko 20 km južno od Bologne

Desno: glavne talijanske autostrade dovršene do kraja 1970. godine

Italija je zbog 11 milijuna turista godišnje i zbog visoke proizvodnje brzih i lakih vozila odmah započela graditi svoje auto-putove uz novčanu pomoć tvornica Fiat, Pirelli i još nekih poduzeća za izradu vozila, auto-guma i automobilskog pribora. Talijanski auto-putovi građeni su sa 3 kolnika, nisu ih sjekle druge ceste, na njima je bio ograničen promet teretnih vozila, kolnici su bili odvojeni ucrtanom bijelom prugom, ali imali su nedostatak što je kolnik za prestizavanje bio u sredini. Najprometniji je bio auto-put Brescia (Brešija)—Milano—Novara—Torino sa 8 kolnika (po 4 na svakoj strani) i srednjim zelenim pojasom. Vanjski kolnik na svakoj strani odvojen je žutom trakom, njime se ne smije voziti, i služi samo za prinudno zaustavljanje vozila. Idućim, drugim, kolnikom vozi se do 80 km na sat. Trećim srednjim kolnikom vozi se do 100 km na sat, a četvrtim unutrašnjim brzinom do 120 km na sat i brže. Iz Rima vodi u Ostiju *Autostrada del mare* (Morski auto-put). Tim auto-putem Rimljani idu na morski žal. On ima 4 kolnika i srednju traku kojom se ne smije voziti. Najnovija je *Autostrada del sole* (Sunčani auto-put) duga 738 km. Vodi iz Milana preko Bologne (Bolonje), Firenze (Firence), Rima u Napulj. Široka je 23 m; ima dva kolnika od 3,75 m za jedan smjer vožnje i dva kolnika od 3,75 m za drugi smjer, te još 2,5 m široke bankete s obje strane. Ta se autostrada započela graditi 1956, a 1965. stigla je do Napulja, uz trošak od gotovo 7 milijardi dinara. Sada je dovršena do Mesinskog tjesnaca, gdje se gradi most preko mora, a na Siciliji se nastavlja sjevernom obalom do Palerma. Gradnju pomažu velika poduzeća, a gradi se najbrže i najjeftinije u Evropi izvrsnim strojevima. Izrađuje se na uravnatu i uvaljanu tlu, na koji dolazi najprije sloj od 30 do 100 cm krupna kamena, povrh njega se polaže 35 cm debeo sloj sitna i obla tučenca, zatim prvi sloj od 7,5 cm bitumena, koji se valja lakim valjkom, zatim drugi sloj od 7,5 cm bitumena, koji se opet valja lakim valjkom, a kad se ohladi, tlači se valjkom od 12 t težine. Ukupna je debljina svih slojeva 80 do 140 cm, što je ipak manje od slojeva nekih starorimskih cesta.





Glavni ulaz na sjever. kraju Autostrade del sole, s osam prolaza i kioscima za ubiranje cestarine. Lijevo toranj za kontrolu prometa i ulaska



Danski i njemački auto-putovi. Najčuveniji je put »seobe ptica«, iz Švedske, preko Danske k sjeverozapadnom kraju Njemačke

Dolje: most dug 983 m, između kopna i otoka Fehmarna u Njemačkoj



Savezna Republika Njemačka ima dobro razvijenu mrežu modernih autostrada. Izgrađene su dvije glavne žile u smjeru sjever-jug. Prva vodi iz Lübecka (Libeka) preko Hamburga, Hannovera, Frankfurta na Maini u Basel (Švicarska), a druga iz Hofa preko Beyreutha (Bajrojta), Nürnberga (Nirnberga) i Münchena (Minhena) u Salzburg (Salcburg) u Austriji. Okomito na ove žile prostiru se poprečne autostrade: iz Bremena u Hamburg; iz Rurske oblasti u Hannover; iz Aachena (Ahena) preko Kölna (Kelna) u Frankfurt na Majni; iz Saarbrückena (Sarbrikena) u Mannheim (Manhajm) iz Münchena u Karlsruhe (Karlsrue), te auto-put iz Nürnberga u Frankfurt na Majni i nekoliko drugih. Na kanalu što spaja Sjeverno s Baltičkim morem sagrađen je kod Rendsburga tunel u betonskoj cijevi koja je položena u dubini od 22 m. Kroz nju prolazi cesta koja vodi iz Njemačke u Dansku.

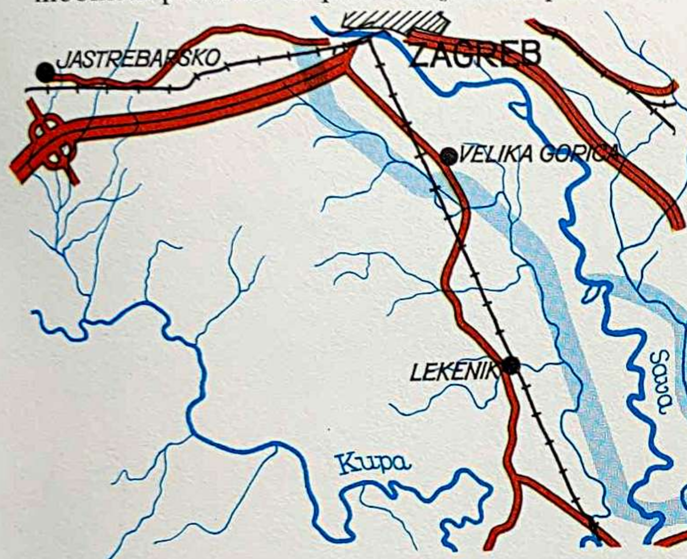
Obje njemačke države imaju, osim autostrada i guste cestovne mreže, još i ceste za tzv. brzu auto-vožnju, koje spajaju velike gradove i dopunjuju mrežu velikih autostrada. To su pregrađene stare ceste tako da imaju dva kolnika i u sredini zelenu traku.

Danska, zemlja ravnica, nema teškoća u gradnji cesta. Sada se tu dovršava *cesta seobe ptica*, tj. auto-put koji će se prostirati onim smjerom kojim lete ptice selice na jug. Troškove dijele Danska, Savezna Republika Njemačka i djelomično Švedska. Veliki auto-put prelazi već s kopna na otok Fehmarn (Femarn) 5 km dugim dvokatnim mostom za željezničku prugu i za auto-put. Odatle se vagoni i automobili brzo prevoze brodom na danski otok Lolland. Drugim mostom vozila prelaze na otok Falster i trećim mostom na glavni danski otok Sjælland (Sjeland) i voze do Københavna (Kjebnhavna). Tu će početi najteži i najskuplji dio jer treba prijeći Veliki Sund kojim prolaze gotovo svi oceanski brodovi što plove u Baltičko more ili iz njega. U Velikom Sundu imao bi se sagraditi tunel dug 10 km za željezničku prugu i auto-put ispod mora do otočića Saltholm. Na otočiću bi tunel izišao na površinu, a dalje bi preko mora vodio 8 km dugim nasipom i mostom (ispod kojega bi prolazili mali brodovi) do Hälsingborga u Švedskoj, gdje počinje glavni švedski auto-put.



Najvažniji auto-putovi i autostrade u Austriji i Švicarskoj, koje se međusobno bore kako bi na svoje putove i alpske prijevoje primamile čudesnim tunelima i mostovima što više turista koji putuju u Jugoslaviju i Italiju

Austrija i Švicarska moraju graditi skupe planinske ceste za trgovački promet, a osim toga i turističke ceste. Međutim, obje države moraju graditi i auto-putove za one turiste iz sjeverne Evrope koji prolaze preko tih zemalja u Italiju i Jugoslaviju. Svaka od njih mora olakšavati taj prolazak što boljim auto-putovima i prijevojima jer bi turisti mogli za prolazak izabrati drugu zemlju. Budući da je prijevoj Brenner (1372 m) na austrijsko-talijanskoj granici veoma udoban za prelazak preko Alpa i usred zime, pa mnogo turista prolazi kroz Austriju, Švicarska je s Italijom 1962. probušila tunel ispod teško prolaznog prijevoja *Sv. Bernharda* (2472 m) kako bi dio automobilista privukla da prolaze njezinim putovima.

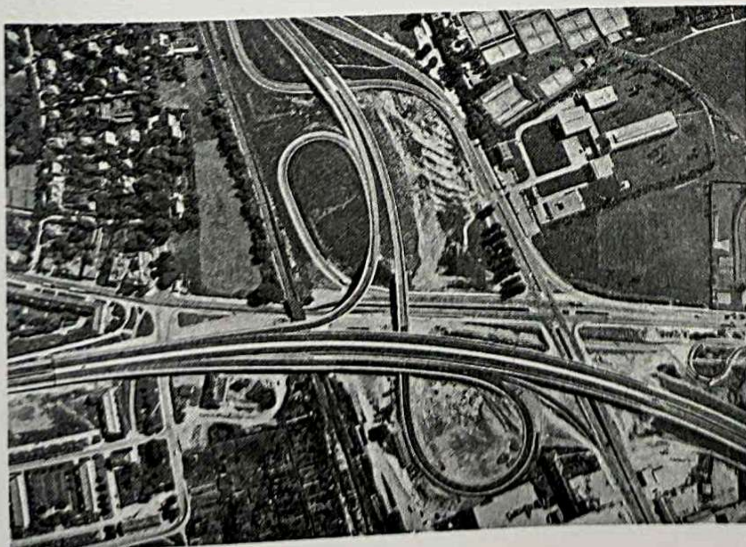


Na gradnju skupog tunela i velikog ostakljenog mosta preko doline u podnožju Sv. Bernharda odlučila se, kad je i Francuska, u suradnji s Italijom, počela kopati 11 600 m dug tunel ispod *Mont Blanca*. Ta dva tunela i brenerski prijevoj vode žestoku borbu, kako bi privukli što više turista. Kako automobilisti radije prolaze najskupljim tunelima, mostovima i vijaduktima Austrija već proučava planove kakvim bi tehničkim čudima mogla navesti duge povorke automobila da i dalje prolaze kroz njezine auto-putove i brenerskim prijevojem.

U Švicarskoj su dovršene autostrade Genève (Ženev)—Lausanne (Lozan) i Bern—Zürich (Cirih)—Winterthur—St. Gallen. U Austriji je dovršena autostrada Beč—Linz—Salzburg, koja se nastavlja preko granice u München, i autostrada Beč—Wiener Neustadt (Viner Nojštat)—Graz (Grac), koja će se produžiti sve do Klagenfurta. Ta će se autostrada preko Villacha (Filaha), Tarvisa (Tarviza) i Udina spojiti s dovršenom talijanskom magistralom Venezia—Trst.

Švedska je gotovo dvaput veća od Jugoslavije, a ima 2,5 puta manje stanovnika. Uska je i duga; na sjeveru je veoma brdovita i veći dio godine pokrivena snijegom i ledom, a na jugu je prepuna jezera. Iako je bogata zemlja s razvijenom industrijom, ona ne može odvojiti toliko sredstava koliko bi bilo potrebno za dobru mrežu auto-putova. Nijedna postaja za gorivo i servis za popravke ne bi mogli poslovati na dugim i snježnim putovima bez državne pomoći.





Gore: prva skica za izgradnju prometnica, kanala i pruga oko grada. Prema prvoj skici izrađuju se točniji tlocrti

Lijevo: spojnice i petlje u tri razine na raskršću auto-putova južno od Münchena u Savez. Repub. Njemačkoj



Norveške i švedske ceste vezuju se s jugom trajektima preko Danske

Na sjeveru je malen promet. Planovi za prvi auto-put izrađeni su na trošak privatnika, a put je trasirala Tehnička škola. Taj auto-put vodi iz Malmöa (Malmea) preko Linköpinga (Linčepinga u Stockholm (Štokholm). Jedan ogranak vodi preko Jönköpinga (Jenčepinga) u Göteborg (Geteborg) na Kattegatu.

Norveška nema autostrada, ali su glavne ceste asfaltirane i dobre. Dvije najvažnije vode iz Osla u Bergen, i primorjem u Stavanger. Najduži je put iz Osla kroz Trondheim i Narvik u Kirkenes na Barentsovom moru, dug 2561 km. U ljetu, kad cvatu šume, posjećena je *Cesta ledenog mora* koja ide iz Hammerfesta, kroz Kistrand, u Smelror na krajnjem sjeveru. Tri asfaltirane ceste sijeku poprijeko Skandinavski poluotok: iz Osla u Stockholm, iz Trondheima u Sundvall i iz Tromsøa (Tromsea) u Haparandu.

Finska ima dvije uzdužne magistrale. Jedna vodi duž mora od sovjetske granice, kroz Helsinki i Oulu do granice sa Švedskom. Druga cesta ide iz Helsinkija prema sjeveru sredinom države i spaja se s prvom cestom pred Ouluom.

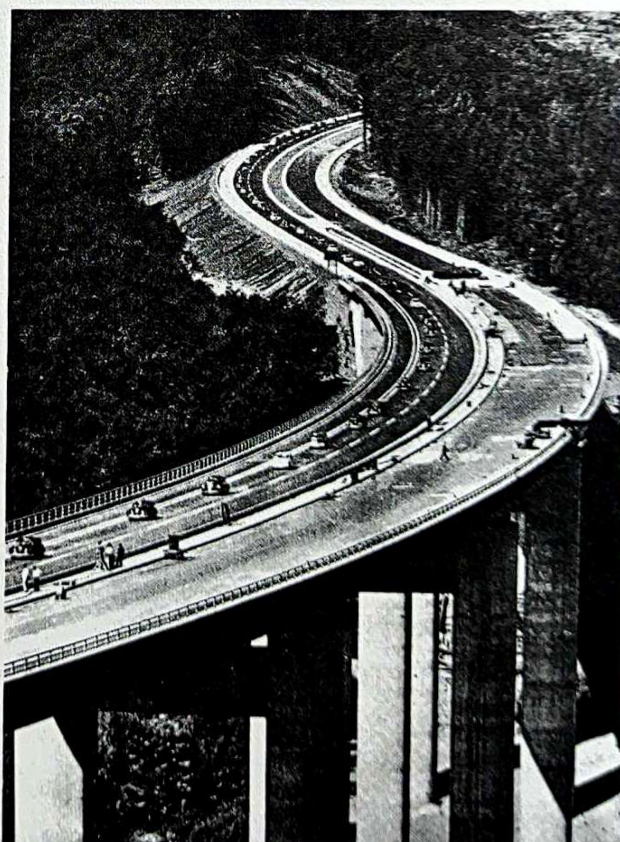
Njemačka Demokratska Republika ima dvije autostrade koje se prostiru od istoka prema zapadu: prva sredinom države iz Frankfurta na rijeci Odri, preko južnog ruba Berlina i sjevernog ruba Magdeburga u Hannover (S. R. Njemačka) i druga južnija autostrada iz Bautzena kroz Dresden (Drezden), Karl-Marx-Stadt, Geru i Erfurt u Eisenach (Ajznah).

Iz Berlina ide jedna autostrada prema sjeveroistoku Szczecin u Poljskoj, a prema jugu vode dvije autostrade: jedna preko Leipziga (Lajpciga), a druga preko Dresdena (Drezdena) i sastaju se na južnoj državnoj granici.

Poljska ima tri autostrade sa dvije trake (s ukupno 4 i 6 kolovoza). Prva ide iz Cottbusa u Njemačkoj D. R., kroz Wroclaw u Novi Bytom, ali se dio između Brzega i Opole još gradi. Druga autostrada, koja se gradi iz Szczecina (Šćecina) prema istoku, doprla je do Stargarda. Treća vodi nedaleko od mora iz Elblaga u Kaliningrad (Kalinjingrad u SSSR-u). Iz Varšave izlazi u zvijezdi deset asfaltiranih auto-putova: pet u SSSR, tri u Čehoslovačku, jedan u Njemačku, a jedan u Gdańsk. Tu zvijezdu presijecaju dva važna puta: jedan povezuje šlesku industrijsku oblast, a drugi industriju oko Wroclava s Gdańskom na Baltičkom moru.

Madžarska ima pet glavnih auto-cesta koje vode iz Budimpešte prema sjeverozapadu u Beč, prema sjeveru u Čehoslovačku, prema istoku u SSSR i Rumunjsku, prema jugoistoku u Szeged i Suboticu, te prema jugozapadu, s obje strane Blatnog jezera, u Austriju i Jugoslaviju (u Varaždin). U projektu je autostrada sa tri kolovoza, široka 9 m, koja će povezati Budimpeštu s Bečom.

Bugarska. Iz Sofije izlaze četiri auto-puta u Niš, Solun, Carigrad i Varnu. Jedan auto-put ide iz Rusea prema jugu u Svilengrad te povezuje Dunav s rijekom Maricom i Egejskim morem.



Moderne auto-ceste s više kolnika teku gotovo vodoravno, kroz planine prolaze tunelima, a preko dubokih dolina visokim vijaduktima

Grčka autostrada sa dvije trake vodi iz Atene prema sjeveru u Lamiu. Odatle se nastavlja auto-cesta u Solun i dalje k istoku u Tursku. Iz Atene vodi jedna auto-cesta preko Korintskog kanala u Korint. Tu se jedan kraj odvaja u Patrai (Patras), prelazi trajektom na grčko kopno, vodi u Ioánninu i na more, te drugim trajektom prelazi na Krf. Drugi krak ide iz Korinta u Kalámaiu na jugu Peloponeza.



Cestovna mreža Balkanskog poluotoka i veza jugoslavenskih magistrala s cestama Albanije, Grčke, Rumunjske, Bugarske i Turske

Rumunjska nema autostrada. Iz Bukurešta vode auto-ceste: k sjeveru u Černovce (SSSR) i u Galati (Galaci) na Donjem Dunavu; prema Crnom moru u Constantu (Konstancu); prema jugoistoku do Giurgiua (Đurđua) na Dunavu gdje mostom Cernavoda (Černavoda) prelazi u Ruse u Bugarskoj. Prema zapadu jedan put vodi u Turnu-Severin i u Đerdap, a drugi prema sjeverozapadu u Timisoaru i Jugoslaviju (u Vršac).

Albanija ima samo jednu asfaltiranu cestu koja vodi iz Skodre (Skadra) prema jugu kroz Durres (Drač) u Vloru. Dva ogranka te ceste vode u Tiranu i Elbasan, a treći k istoku u Jugoslaviju.

Španjolska je prije građanskog rata imala dobru mrežu starih ali uskih cesta. Međutim, u ratu su sve oštećene, a poslije rata zapuštene. U posljednjih nekoliko godina turizam je toliko porastao da je država morala izgrađivati nove i popravljati stare ceste. Da se još više privuku njemački kapitalisti, koji duž španjolske obale *Costa* (Kosta) *Brava* (sjeverno od Barcelone) podižu raskošne ljetnikovce, izgrađen je rekonstrukcijom stare ceste automobilski put koji iz Francuske ulazi u Španjolsku kod Le Perthua (Pertija), nedaleko od obale Sredozemnog mora, kroz »istočni ulaz« u Španjolsku. Odatle taj put vodi u Barcelonu i dalje prema jugu, obilazi čitavu Španjolsku unaokolo i povezuje velike obalne gradove. Kod portugalske granice skreće prema sjeveru, prolazi kroz Sevillu, Badajóz i Salamancu (Salamanku), ponovno skreće i spušta se prema zapadu na atlantsku obalu u Vigo. Odatle vodi duž obale kroz Coruñu (Korunju), Oviedo i Santander te izlazi u Francusku kroz »zapadni ulaz« kod San Sebastiana. Treći, srednji ulaz iz Francuske u Španjolsku, nalazi se na Pirenejima 1915 m nad morem. Kroza nj prolazi, pored grada tvrđave Puigcerde, najkraći put iz Toulouse (Tuluze) u Barcelonu.

Stjecište je deset automobilskih cesta u Madridu, koji se nalazi gotovo u sredini države. Ti putovi dolaze iz Barcelone i drugih obalnih gradova. Iz Barcelone i Valencije polaze trajekti koji prevoze automobile na otok Mallorcu (Majorku).

Portugal ima bolje održavane ceste, ali one nisu pogodne za automobilski brzi promet jer prolaze kroz mnogo naselja. Dva su dobra auto-puta od španjolske granice do Lisabona: jedan sa sjeveroistoka iz Salamance kroz Gvardu, a drugi s istoka iz Méride i Badajóza. Najljepši je kratki auto-put što vodi usporedno s rijekom Tajo (Težu) i električnom željeznicom iz Lisabona preko Estorila (Eštorila) do ribarskog turističkog naselja Cascaes (Kaškaiš) na atlantskoj obali.

Jedan uzdužni auto-put ide usporedno s obalom od sjevera, iz Viga (u Španjolskoj) kroz Porto i Lisabon u Faro, s odvojkom preko granice u Sevillu.

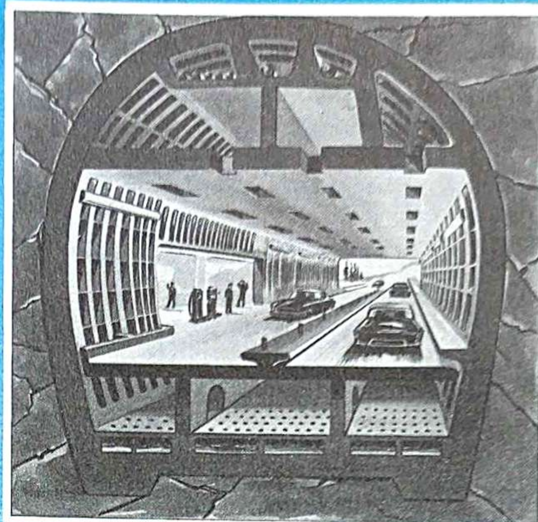


Mreža glavnih cesta Pirenejskog poluotoka (Španjolske i Portugala)



Najdulji cestovni tunel na svijetu, dug 11 600 m, probijen je ispod najvišeg planinskog vrha u Evropi Mont Blanca, koji je visok 4807 m. Put povezuje grad Entrèves (Antrev) u talijanskoj autonomnoj pokrajini Valle d'Aosta s gradom Chamonix (Šamoni) u francuskoj pokrajini Haute Savoie (Ot Savoa). Prvi uski prorov počeo se prokopavati s talijanske strane 11. I, a s francuske strane 2. VI 1959. Podzemni auto-put svečano je otvoren 15. VII 1965. On povezuje Francusku s Italijom i prolazan je po svakom vremenu i za najhladnijih zima

Tunel ima tri kata: prvi za odvodnju, drugi za promet vozila, a treći za ventilaciju



Bionnassay
4543

Aiguille du Midi
4308

Vallée Blanche

ULAZ 1429 m

IV 1961

VIII 1960

1. V 1959

CHAMONIX

Iz tunela je iskopano toliko kamena da bi se njime mogao sagraditi neprekinuti zid, visok 4 m, od Pariza u Francuskoj do Bagdada u Iraku. Tunelom je više od 100 km skraćen put iz Pariza u Torino, koji je vodio teškim, vijugavim i vrlo opasnim alpskim prijevojem Simplonom. Probijanje i gradnja tunela stajali su Francusku i Italiju oko 10 milijardi novih dinara. Prve godine kroz tunel je prošlo 450 000 motornih vozila i 100 000 t robe, ali promet naglo raste, zbog toga se predviđa da će se troškovi gradnje isplatiti za oko 70 godina

Belgija, gusto naseljena zemlja, ima najviše teškoća s otkupom zemljišta. Zbog toga je auto-put *Roi Baudoin* (Roa Bodoen), koji vodi iz Antwerpena do Liègea (Lježa) i dalje do njemačke granice, dovršen neposredno prije svjetske izložbe u Bruxellesu (Briseju), stajao tri puta više i gradio se četiri puta sporije nego talijanska *Autostrada del sole*.

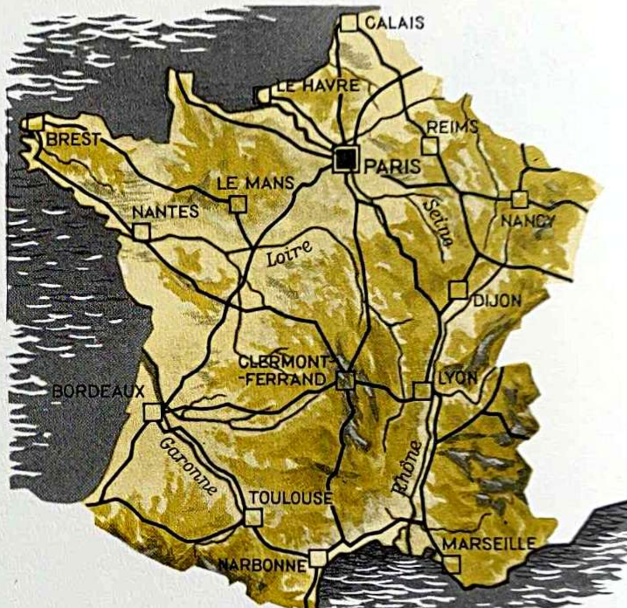
Nizozemska je već od 1921. gradila auto-put Amsterdam—Rotterdam, a sada već ima gustu mrežu auto-putova. Preko jezera i kanala vode po kruni nasipa i po vijaduktima od betona i čelika moderne široke auto-ceste. Kod Velzena prolazi cesta sa četiri kolnika ispod Nordsee-kanala, kojim brodovi plove iz Sjevernog mora u Amsterdam. Tunel dug 1650 m nalazi se 23 m ispod dna kanala; kroza nj će moći prolaziti 6000 automobila na sat.



Francuska ima kao i Engleska vrlo gustu mrežu dobrih cesta, pa se u daleko odredište može doći iz više različnih smjerova. Pravih auto-putova s više kolnika ima samo oko Pariza, ali se sada gradi nekoliko takvih putova u pet glavnih smjerova. Auto-putem uz Sredozemnu obalu može se zbog oštrih zavoja voziti samo do 80 km na sat. Planom je predviđeno da se u roku od 6 godina izgradi 1720 km pravih auto-putova.

Francuska i Italija su izgradile ujedinjenim silama i kapitalom najduži cestovni tunel na svijetu koji ispod *Mont Blanca* (Mon Blana = Bijelog brda), najvišeg vrha u Evropi, povezuje francusku oblast Haute Savoie (Ot Savoa = Visoku Savoju) s talijanskom autonomnom pokrajinom Valle d'Aosta (Dolina Aosta).

O tunelu ispod Mont Blanca prvi put se raspravljalo 1835, ali su i najskromniji prijedlozi odmah bili odbijeni kao »mahniti plan«. Međutim, o tunelu se i kasnije često govorilo, a izrađivali su se i planovi gotovo svakih dvadeset godina. Najozbiljniji projekt izrađen je 1930. i o njemu su raspravljali talijanski s francuskim stručnjacima. Činilo se da će se napokon tlapnja pretvoriti u stvarnost, ali je zbog političke napetosti između Francuske i Italije 1936. dogovaranje prekinuto. Uskoro je 1939. buknuo rat, koji je raskinuo sve veze između političara i tehničara jedne i druge strane.



Gore: francuske ceste. Najnoviji auto-put vodi iz Calaisa u Marseille
Lijevo: u Nizozemskoj moderan auto-put vodi velikim nasipom što zatvara zaljev IJsselmeer, koji se postepeno pretvara u plodno tlo

Poslije rata našlo se nekoliko privatnika koji su, u sporazumu s nekim industrijskim poduzećima i bankama, pribavili dio potrebnog kapitala. S talijanske strane se počeo i kopati prorov, ali nije prokopano ni stotinu metara kad se tunelsko društvo raspalo.

Nakon toga su projekt o prokopu tunela uzele u svoje ruke francuska i talijanska vlada, 1953. potpisan je sporazum o gradnji, ali su ga parlamenti obiju država odobrili tek nakon dugih rasprava, jer su i tada još mnogi poslanici tunel smatrali odviše smionim i preskupim pothvatom. Napokon su Talijani počeli prokopavati tunel 11. I, a Francuzi 2. VI 1959. Poslije tri godine vrlo složenih, opasnih i napornih radova probijen je uski prorov 14. VIII 1962, tj. sastali su se usred rova talijanski s francuskim kopačima. Međutim, trebalo je uski prorov još proširiti da se dobije pravi profil i urediti ga za promet. Svi su radovi dovršeni 15. VII 1965. kad su predsjednici republika, svaki na svojoj strani presjekli trobojne vrpce i svečano otvorili podzemni auto-put.

Prije ulaska u tunel, automobili se na talijanskoj strani zaustavljaju pred ulazom radi policijske i carinske kontrole. Vozači redovito izlaze iz automobila da bi s visine od 1381 m posljednji put pogledali s te strane veličanstveni i strahoviti Monte Bianco (M. Bijanko, talijansko ime vrha). Gledan s bliska podnožja vrh se čini nedostižno visok i opasan, kao da prijeti kako će svakog časa ispustiti goleme ledene gromade, da za tren oka zatrpaju uzak prorov što su ga ljudske ruke bušile i uređivale punih šest godina. Pogled ostaje prikovan uz veličanstvenu bijelu planinu. Mark Twain je, promatrajući gorostasa iz Chamonixa, zapisao: »Sve što sam dosad uzvišena i velebna vidio, maleno je i beznačajno prema ovome.«

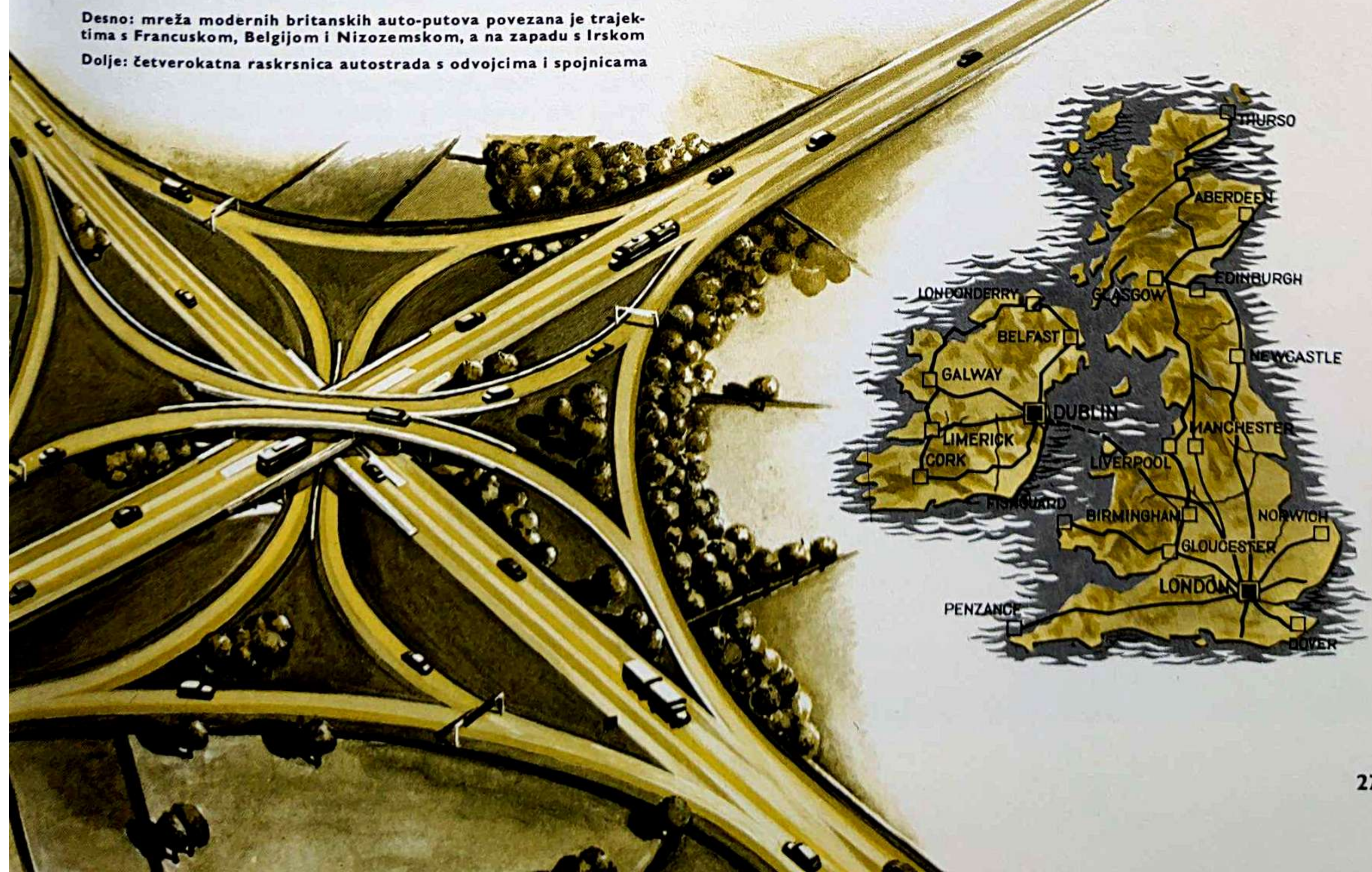
Ulaz je u tunel proširen i natkriven velikim vodoravnim gredama od betona trokutnog presjeka koje ga štite od odrona kamena i snijega, a i zasjenjuju ga od blještave dnevne svjetlosti. Pred ulazom je u sredini zelena tratina, obrubljena bijelim kamenom rubnjakom, koja razdvaja ulaz od izlaza. Na samom ulazu, na desnom su kolovozu dvije ostakljene kućice gdje se ubire »tunelarina«. Ružan natpis »pripremite sitan novac« narušava ljepotu svega što se tu vidi. Čovjek iza automata prima novac i izdaje potvrdu. Ulazi se desnim kolovozom, koji je širok 3,60 m, a uza nj je još pločnik širok 0,80 m. Isto su toliko široki lijevi pločnik i kolovoz za promet u protivnom smjeru. Kolovozi su međusobno omeđeni sa dvije usporedne bijele fosforescentne crte; njih vozila ne smiju prelaziti.

Tunel je na svakih 300 m s obje strane proširen. Tu su parkirališta gdje se moraju zaustaviti i ugasiti motor ona vozila koja su u kvaru ili u kakvom drugom zastoju ili u nevolji. Ako vozilo naglo stane na kolovozu i ne može samo stići do parkirališta, vozač ili suputnik mora odmah izići iz kola i pločnikom potrčati do telefonskog aparata u najbližem parkiralištu. Netom se podigne slušalica, odmah se javi kontrolna stanica, pa ne treba nikoga dozivati i ne mora se javljati odakle se zove, jer postaja to sama vidi na temelju broja koji se pokaže na kontrolnoj ploči. Treba samo na jednom od glavnih evropskih jezika kratko opisati što se dogodilo. Za nekoliko minuta doći će već tegljač, koji će neispravno vozilo otegliti u najbliže parkiralište i otkloniti kvar ili će ga izvući iz tunela.

Tunel se sa talijanske strane, do sredine, neosjetno diže, a zatim se na francuskoj strani još blaže spušta. Stoga se ne može vidjeti svjetlost izlaza. Osim toga tunel je dug 11 600 m, pa se ravnu i u vodoravnom prorovu izlaz ne bi mogao vidjeti s ulaza. Poprečni presjek tunela je potkovast. Iako je unutrašnjost izvrsno rasvijetljena, automobili ipak moraju voziti s upaljenim najmanjim (gradskim) svjetlima i brzinom od oko 60 km na sat, 100 m jedan iza drugoga. Duž čitavog su tunela semafori na razmaku od 200 m, uz oba boka, a na jednakom su razmaku i televizijske kamere koje prate kretanje svakog pojedinog automobila. Ako se neko vozilo kreće brže od 70 km na sat, prvi semafor ispred njega opominje vozača na prekršaj, pa ako on ipak i dalje juri prevelikom brzinom, zaustavlja ga crveno svjetlo sve dok ne zaostane na svoje mjesto. Semafor opominje vozača i onda ako vozi polagano, tj. sporije od 50 km na sat, ako na automobilu gore srednji ili veliki reflektori, ako se vozilo zaustavi na kolovozu, ako se približi prednjem vozilu na manje od 100 m, ako se na

Desno: mreža modernih britanskih auto-putova povezana je trajektima s Francuskom, Belgijom i Nizozemskom, a na zapadu s Irskom

Dolje: četverokatna raskrsnica autostrada s odvojcima i spojnicama

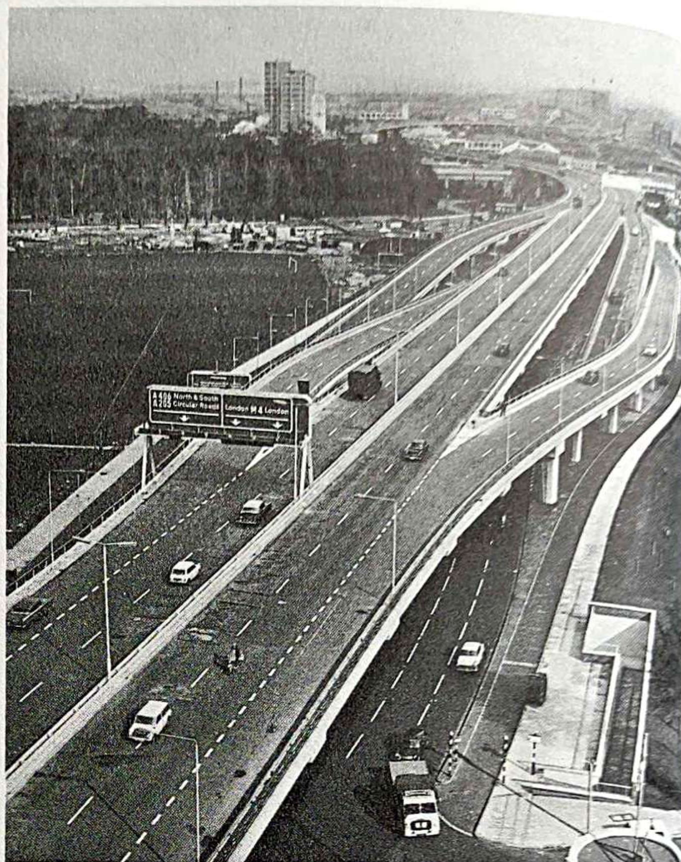


parkiralištu zaustavi s upaljenim motorom ili s ugašenim svjetlima itd. U dubini od 3000 m ispod površine ledenog tla svim vozilima upravljaju elektronske oči, kojima se ništa ne može sakriti.

Ispušni plinovi iz automobilskih motora su veoma otrovni. Treba imati na umu da je do sada u zatvorenim garažama umrlo od otrovanja mnogo vozača i mehaničara, koji su iskušavali motore u prostoriji sa zatvorenim prozorom i vratima. Međutim, u ovom se tunelu, kad je promet najživlji, nalazi istodobno oko 470 vozila, kojima motori rade gotovo svom snagom. Kad ne bi bilo umjetnog prozračivanja, za kratko vrijeme bi se ugušili svi vozači i putnici u tunelu. Nesreća bi se dogodila već kad bi ventilatori zastali za nešto više od jednog sata. Da se to ne dogodi, automatski usisači dovode kroz cijevi iz tunela u kontrolnu postaju zrak i kontroliraju u njemu sadržaj otrovnih plinova (ugljičnog monoksida), a tunel prozračuju golemi ventilatori od 3000 kW/h, koji s oba kraja tlače u tri metra visok zrakovodni rov ispod kolovoza oko dva i pol milijuna kubnih metara svježeg zraka na sat. Zbog toga iz unutrašnjosti neprekidno struji oko 5 milijuna kubnih metara pokvarenog i zagušljivog zraka, pa se u tunelu, ni za najživljeg prometa, ne osjeća smrad ispušnih plinova, nego se udiše čist alpski zrak, koji je mnogo čišći nego u velegradskim ulicama.

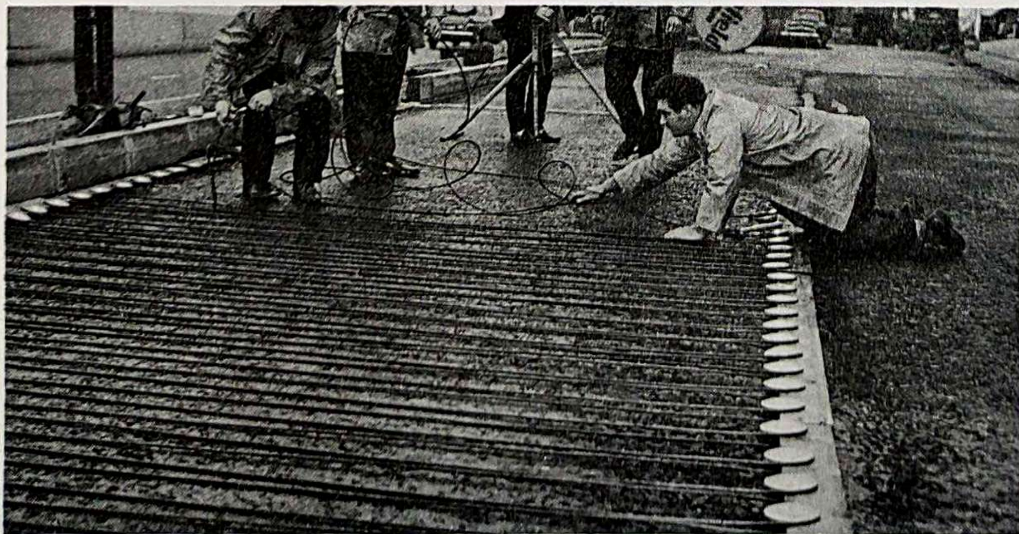
Ispod tunelskih kolovoza vodi i tri metra visok rov za odvod vode, koja prodire iz stijena i kaplje na kolovoze. Prema tome tunel ima dva kata. Donji je kat s rovovima za zrak i odvod vode visok 3 m, a gornji s kolovozima i pločnicima 6 m. Ukupna je visina prokopa, uračunavši debljinu kolovoza 9,5 m.

Posljednji semafor prije izlaska iz tunela ispraća vozača natpisom: »hvala na opreznoj vožnji«, a na izlazu dočekuje ga službenik tunelske uprave, koji pregleda potvrdu da li je plaćena tunelarina, a zatim francuski carinici i kontrolori pasoša. Tu je uz francuski kraj tunela elektronska centrala s pet metara dugom kontrolnom pločom, na kojoj se vidi kako se kreće svako vozilo. Odatle se prate i opominju neposlušni vozači, odatle se upravlja semaforima, kontrolira se sadržaj otrovnih plinova u zraku, ubrzava ili usporava rad ventilatora, regulira se rasvjeta kolovoza i parkirališta, primaju se sve telefonske obavijesti i upućuje pomoć. Sve što se događa u tunelu vidi se na kontrolnoj ploči u istom trenutku.



Nakon rušenja kuća i preseljavanja stanovnika sagrađen je uz goleme troškove širok ulaz zapadne autostrade sa 6 kolovoza u Londonu

Lijevo od izlaza je velika podzemna dvorana s golemim ventilatorima. Međutim, takva ista dvorana, udubena u kamenu stancu, nalazi se i kod ulaza na talijanskoj strani. Uz tunel je i jaka dizel-motorna električna centrala, koja se automatski uključuje u mrežu, ako u dalekovodima nastane prekid električne struje.



Polaganje spirale električnog kabela ispod asfalta na prilaznom mostu tunela Hangar Lane (sjeverni London). »Električni sag« u zimi grije asfaltnu koru kolnika te sprečava smrzavanje ceste i klizanje vozila

Tunelom je za više od 100 km skraćen put iz Pariza u Torino, koji je vodio teškim, vijugavim i vrlo opasnim alpskim prijevojem, Simplonom, a njime se i drugim prijevojima, zbog snijega i poledice moglo prolaziti samo umjerenom brzinom kad nisu bili zatrpani snijegom. U zimi su alpski prijevoji neprolazni sve dok se ne raščiste osobitim ralicama za snijeg, a to je moguće uraditi tek u početku ljeta. Ali kad se neki prijevoji i pročiste, vozila mogu prolaziti posve polagano i oprezno, između okomitih stijena od smrznuta snijega, zaleđenim putem koji redovito nije širi od jedne polovice kolovoza.

Probijanje i gradnja tunela stajali su Francusku i Italiju ukupno 10 milijardi dinara, ali sada se redovito ubire godišnje oko 20 milijuna dinara, tako da će se, uz pokriće troškova za održavanje i pogon, troškovi isplatiti za oko 70 godina.

Velika Britanija ima vrlo gustu mrežu dobrih cesta, pa se držalo da će ona još dugo vremena odgovarati prometnim potrebama. Međutim, je dovršen prvi veoma skupi superauto-put Preston—Manchester (Menčister), ali preko njega je nahrupio tako jak promet da se uskoro, teško oštećen, morao zatvoriti zbog popravka. Drugi auto-put London—Birmingham (Bermingem) počeo se graditi 1958. On ima 6 kolnika od 10,8 m, širok je 64,8 m, a troškovi gradnje iznose oko 16 milijuna funti. Mnoge su stare ceste preplavljene tako da sada one imaju dva kolnika i srednju zelenu traku. Stoga se u Engleskoj promet još ne guši, ali za to su zaslužni i disciplinirani engleski vozači.

Sada se grade, a djelomično su i gotove dvije uzdužne autostrade. Istočna ide trasom: Brighton (Brajtn)— London—Leicester (Lester)—Nottingham (Netingem)—Newcastle (Njukasl)—Edinburgh (Edinbarg)—Perth (Pert), a zapadna trasom: Exeter (Ekseter)—Bristol—Birmingham (Birmingen)—Manchester (Menčister)—Carlisle (Karlajl)—Glasgow (Glasgou). Najveće je prometno središte grad London i iz njega izlazi deset velikih auto-putova i autostrada u svim smjerovima u obliku zvijezde. Englesku sijeku poprijeko tri glavne magistrale: Swansea (Svonzi)—Cardiff (Kardif)—London—Dover, Convay (Konvej)—Manchester—Hall (Hal), a na sjeveru (u Škotskoj) Greenock (Grinek)—Glasgow—Edinburgh—Berwick (Berik).

Sovjetski Savez započeo je graditi velike auto-putove tek poslije 1946, po sistemu samostalnih građevnih grupa koje su tako opremljene da svaka može graditi oko 150 km asfaltirane ceste na godinu. Otad se svake godine povećava broj grupa, a ujedno se modernizira oprema. Sada se strojevima obavlja 85% zemljanih radova, proizvodi se 99% kamena tučenca i 72% radova na kolnicima. Zasad se još količina robe prevezene golemom željezničkom mrežom, plovnim rijekama (i kanalima) i robe prevezene cestama odnosi kao 20 : 10 : 1, ali se u posljednje vrijeme odnos mijenja u korist putova, jer SSSR sada proizvodi oko 500 000 kamiona godišnje, a to je više nego što proizvode Velika Britanija, Njemačka i Francuska zajedno.

Oko Moskve sagrađen je moderan auto-put koji obilazi grad na 15—20 km od središta; dug je 110 km i prima oko 70 000 vozila dnevno. Osim ovoga lokalnog auto-puta važni su moderni putovi Moskva—Lenjingrad, Odessa—Nikolaev—Kirovograd—Kijev—Moskva, Rostov—Voronjež, Rostov—Volgograd, Novorosijsk—Tihoreck sa dva ogranka u Rostov i Volgograd, Soči—Tuapse—Armavir, Sevastopolj—Simferopolj—Zaporožje, Poti—Tbilisi—Baku—Groznij—Astrahan itd.



Mreža automobilskih cesta u evropskom dijelu Saveza Sovjetskih Socijalističkih Republika. Oko Moskve vodi obilazna autostrada

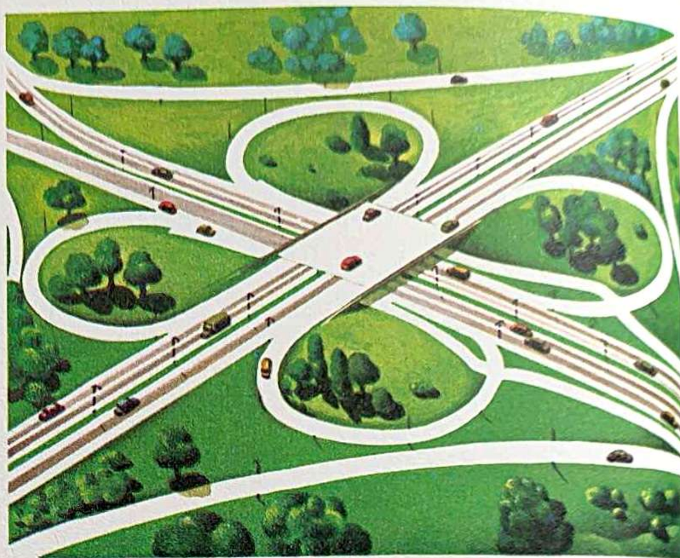
Značajan je auto-put koji vodi prastarom cestom duž rijeke Sir-Darja preko Taškenta—Fergane i Oša u Frunze i u Tarimsku zavalu u Kini. Taj auto-put prelazi Kirgiško gorje i zapadni dio Tien Shana (Tjen Šana) prijevojima koji se nalaze 4000 m nad morem i tunelom dugim 2600 m. Sovjetska cesta spaja se s kineskim putem kod Khotana. Iz Alma Ate vodi drugi auto-put duž rijeke Ili u Kuldju. Taj će se put produžiti vrtoglavim prijevojima u Tarimsku zavalu u Kini. Treći put vodi također prastarim smjerom iz Irkutska, duž južne obale Bajkalskog jezera preko Ulan Ude u Kjahtu i u mladu republiku Mongoliju do glavnoga grada Ulan Batora, dokle dolazi kineska cesta iz Pekinga. Najistočniji je auto-put Vladivostok—Habarovsk na rijeci Amur.

Postoji neobičan projekt sovjetskih inženjera za gradnju auto-puta iz Bakua u Krasnovodsk u Turkmenskoj koji bi prolazio kroz 220 km dugu čeličnu cijev položenu po 200 m dubokom podvodnom hrptu Kaspijskog jezera.

Preko Kavkaza vodi uz izvorišni dio divlje rijeke Terek auto-put prijevojem Darjal (Sarmatska vrata starog doba). Ona se i sada zove *gruzijska vojna cesta* jer su je sagradili vojnici 1863. i čuvali je od plemena koja su se dugo borila protiv ruske carske vlasti. Sada se njome uspinju automobili iz Groznija, koji leži u visini morske razine, preko Ordžonikidza do 2788 m visoka Darjala ispod ugaslog vulkana Kazbek koji, pokriven vječnim snijegom, strši do visine od 5047 m i spuštaju se na južnoj strani Kavkaza u Tbilisi, glavni grad Gruzijske SSR.

Prijelaz sporednih cesta preko auto-puta na različitim razinama





Najpogodnija je raskrsnica auto-putova u dvije razine »četverolisna djetelina«. S jedne se ceste prelazi na drugu po kružnim spojnicama

Kina ubrzano gradi pruge jer je ondje željeznica najvažnije prometno sredstvo. U Kini nema turizma, a osim toga malo Kineza napušta svoje boravište. Na 2350 stanovnika dolazi tek 1 automobil. Stoga u Kini auto-putovi nisu još nužna potreba, osim na nekim malim područjima npr. između Pekinga, Tientsina i luke Taku u zaljevu Po Hai na Žutom moru te između Nankinga i Shanghaja (Šangaja) duž rijeke Jangtze.

U Kini se grade četiri duga auto-puta za automobilski promet, od toga tri za malu brzinu. Ti putovi imaju više vojni ili politički nego privredni značaj. Jedan takav put vodi iz Chengtua (Čengtua) preko Paana i Champoa (Čampoa) do Lhase (Lase) u Tibetu. Drugi put vodi iz Lanchowa (Lančova) prema zapadu preko Golma u Khotan u Tarimskoj zavali, gdje se nastavlja sovjetski auto-put prema sjeverozapadu. Treći put vodi starom karavanskom stazom poprijeko i spaja prve dvije ceste. On se proteže iz Golma preko Kokoshilija (Kokošilija), pored izvorišnog dijela rijeke Jangtze, preko Khetinsiringa u Lhasu i dalje prema jugu do indijske granice u Sikkimu između Nepala i Butana.

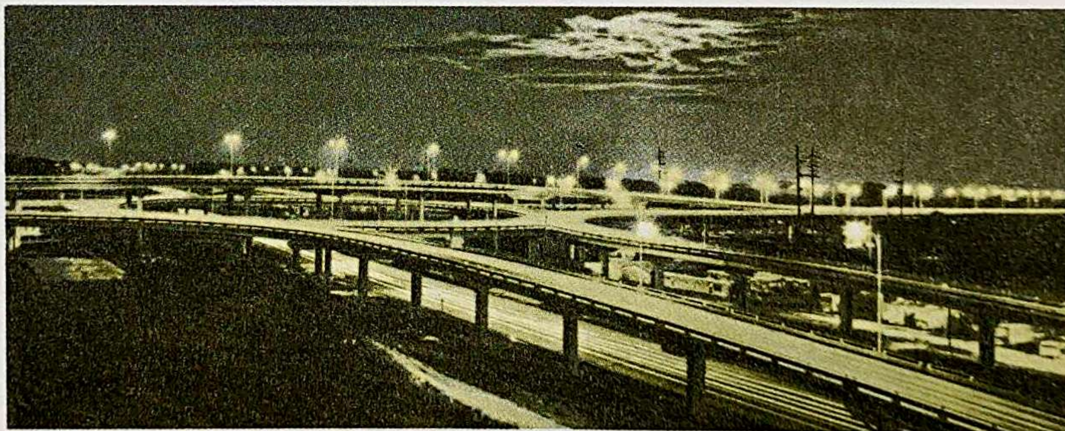
Tibetske ceste gradilo je 500 000 radnika, a kineska armija dala je opremu, šatore, pionirsko stručno osoblje i nešto strojeva. Tim je cestama preko Tibeta dopušteno putovati samo u kolonama i u automobilima sa zračnim hlađenjem motora, sa zalihama goriva, doknadnih dijelova i hrane, s pokretnom radionicom, logorskom opremom, lijekovima i maskama s bocama stlačena kisika protiv visinske bolesti jer automobilska cesta prelazi prijevoje visoke 5500 m. Motori s vodenim hlađenjem ne mogu se upotrijebiti jer zbog niska atmosferskog tlaka voda u hladnjacima ključa već na temperaturi koja još nije dovoljno visoka za dobar rad motora.

Četvrti je pravi auto-put sa dva, a mjestimično i sa četiri kolovoza projektiran a na nekim dionicama i dovršen kao glavna privredna žila Kine. On počinje u Cantonu (Kantonu) na krajnjem jugoistoku Kine, proteže se najprije uz rijeku Peh, zatim niz rijeku Siang, pored gradova Siangtan i Changsha (Čangša), duž jezera Jung Ting i rijeke Jangtze do grada Wuchang (Vučang). Tu auto-put prelazi rijeku Jangtze dvokatnim 1155 m dugim mostom, što ga je 7000 radnika gradilo pune 2 godine. Donjim kolovozom mosta prolazi željeznička pruga dvostrukog kolosijeka, a gornjim kolovozom auto-put sa 4 asfaltirana kolnika i srednjom trakom. Most počiva na 200 stupova koji su duboko zabijeni u živi kamen riječnog dna, a po 20 ih je spojeno u jedan potporanj. Neki su stupovi dugi do 92 m, od toga je do 20 m zariveno u riječno dno, a 72 m je visok dio stupa od riječnog dna do mostovnog nosača u sredini rijeke. Auto-put se od mosta dalje proteže pored grada Hankow (Hankou) i vodi prema sjeveru kroz Chengchow (Čengčou) u Kaifeng, gdje drugim velikim mostom prelazi rijeku Hwang Ho (Huang Ho) pa duž starog carskog kanala ulazi u veliki auto-put što vodi iz Takua u Peking. Istočno i zapadno od ove srednje žile odvajat će se ogranci prema velikim gradovima i industrijskim središtima.

moguć jer su kolnici odvojeni. Vidljivost na zavojima neće biti manja od 300 m. S desne i lijeve strane bit će u ravnini ceste široke zemljane trake tako da će ukupna širina traka, banketa i izravnane zemlje biti 100 m kako bi se auto-put mogao kasnije bez teškoća proširivati, a vozila u slučaju opasnosti skretati na ravnu zemljanu traku izvan auto-puta. Na mjestima gdje preko ceste prelazi divljač namjestit će se s obje strane žičana ograda. Reklamne ploče morat će biti udaljene od auto-puta najmanje 50 m.

Na nekim se mjestima gradilo i do 300 km auto-puta na godinu. Cesta iz Aljaske kroz park Yellowstone (Jelouston), Grand Canyon (Grend Kenjon) i Monument Valley (Monjument Vali) do grada Meksika građena je neshvatljivom brzinom. Na sjevernom dijelu, gdje su je gradili vojnici i dobrovoljci, 3000 km puta izgrađeno je u 8 mjeseci, dakle, 13 km na dan! Ta se cesta nastavlja prema jugu kao Panamerican Highway (Panemeriken Hajvej) do Ognjene zemlje.

Američki auto-putovi označeni su rednim brojevima. Osam auto-putova (6, 20, 30, 40, 50, 60, 70. i 80.) proteže se preko čitave države od Atlantika do Pacifika. Auto-put 66. koji vodi iz Los Angelesa (Los Anđelesa) u Chicago (Šikego) i 40. cesta iz Kalifornije prelaze Ande a da nigdje nemaju uspon veći od 6%, pa automobili mogu

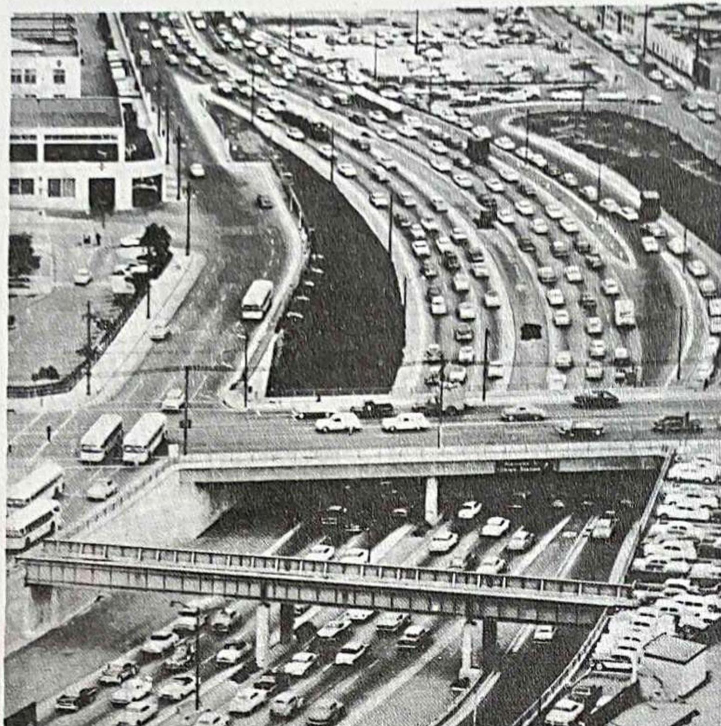


Noćna rasvjeta petlje ekspresnih autostrada pred New Orleansom, na rijeci Mississippi (Louisiana, Sjed. Amer. Države)

Sjedinjene Američke Države izradile su šesnaestogodišnji plan koji predviđa ukupni promet od oko 90 milijuna automobila. Gradi se 48 700 km i modernizira 16 200 km auto-putova. Nijedna nova cesta neće imati križanja u ravnini ceste, a kolnici se grade za pritisak najtežih kamiona. Desno i lijevo od auto-putova bit će banketi široki 3 m. Put neće ni na jednom mjestu teći ravno više od 3 km da vozači ne zaspu od jednolične vožnje, a noću da vozila koja se kreću suprotnim smjerom ne zasljepljuju vozačeve oči. Zbog veće sigurnosti ostavlja se između srednjih kolnika traka obrasla granjem i visokim grmljem. Kako su kolnici odvojeni srednjom trakom, uspon neće biti veći od 2%, a nizbrdica strmija od 4%. Taj je na prvi pogled neshvatljiv uvjet

uz planinu voziti direktnom brzinom. Srednji su kolnici za brzu vožnju, a rubni za sporiju. Nigdje se s ceste ne može skrenuti na lijevu stranu, a mnogo prije nego što se dođe do mjesta za skretanje udesno, treba prelaziti s prvog na drugi, pa s drugog na treći kolnik, i tek s njega se može skrenuti udesno na drugu cestu. Ako se zakasni u tom prelaženju s kolnika za brzu vožnju na kolnik za sporu vožnju, mora se voziti trećim rubnim kolnikom za sporu vožnju do idućeg raskrižja i vratiti se trećim kolnikom na drugoj strani natrag do raskrižja koje je bilo promašeno.

Nije lako ni ući na američki auto-put iako se ulazi na drugi odnosno treći kolnik za sporiju vožnju. Automobil mora imati snažan motor da poslije raskrižja, čim uđe na kolnik, može odmah



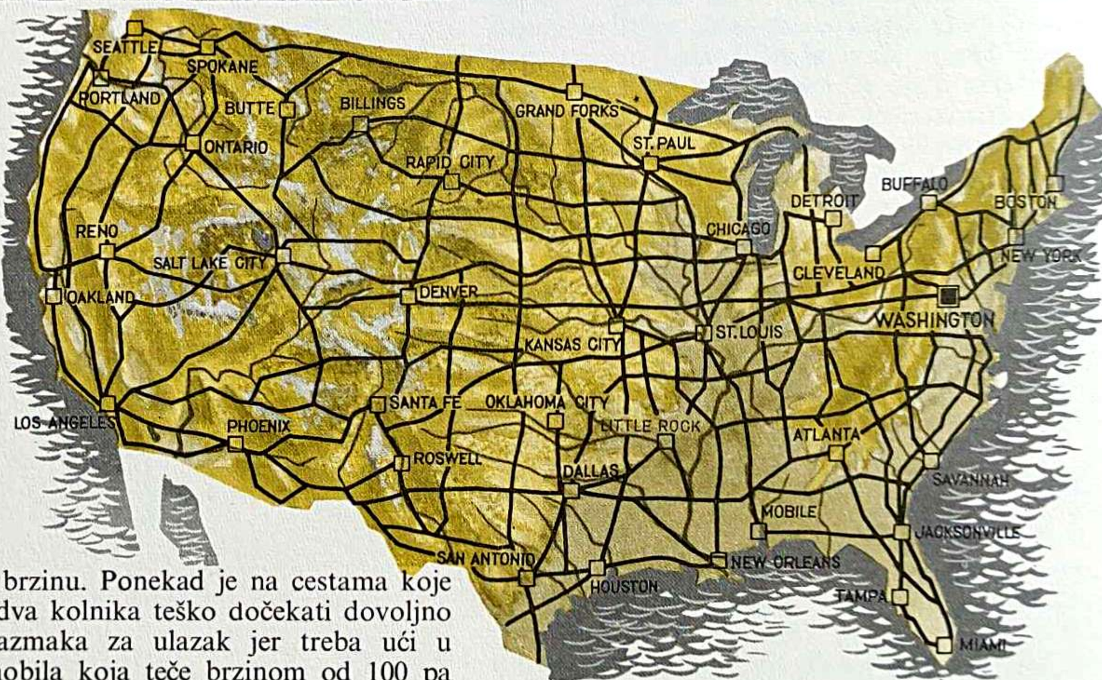
razviti punu brzinu. Ponekad je na cestama koje imaju samo dva kolnika teško dočekati dovoljno slobodnog razmaka za ulazak jer treba ući u rijeku automobila koja teče brzinom od 100 pa i više km na sat.

U gradovima se promet toliko zgušnjuje da se neprekidno moraju tražiti nove mogućnosti kako bi se barem donekle umanjila stiska. Los Angeles ima u samom gradu 2,5 milijuna automobila, ali promet se ondje ipak ne guši jer je grad nov i građen moderno sa četiri prometne žile. U Americi je promet dostigao onu gustoću koju će Evropa imati tek za 50 godina. Međutim, neki se evropski gradovi već i sada guše od prometa. Ulazak u Beč nakon blagdana traje duže nego vožnja kroz pola Austrije. Evropljani mogu vidjeti u Americi što ih s obzirom na gust promet čeka u nedalekoj budućnosti, ali Amerikanci moraju sami unaprijed rješavati složene zadatke, koje jedva mogu i naslućivati. U Americi teretne kamione i prikolice već sada ukrcavaju na željezničke vagone i na brodove, samo da ne zakrče auto-putove, a oko velikih gradova podižu gradove-satelite, u koje premještaju tvornice i poslovne prostorije. Ti se gradovi-sateliti grade rastresito sa širokim auto-putovima i prostranim površinama za parkiranje vozila. Na taj način automobili neposredno utječu ne samo na gradnju auto-putova nego i na geografski razmještaj gradova.

Golemo mnoštvo automobila već sada sili graditelje da podižu putove na dva i više katova koji idu povrh kuća i ulica, ili prolaze tunelima ispod trgova i gradskih četvrti. Automobili će posve izmijeniti način života u gradovima negdje za 10 ili 20, negdje možda i za 50 godina, ali nijedan grad neće zbog velikog prometa moći izbjeći rušenje zgrada i proširivanje uskih ulica.

Lijevo: auto-put San Bernandino — Santa Ana (Los Angeles)

Dolje: najvažniji auto-putovi u Sjed. Američkim Državama



U Japanu je već probušen tunel ispod mora koji spaja dva najgušća naseljena otoka Kyushu (Kjušu) i Honshu (Honšu) između Shimonosekija (Šimonosekija) i Mojia, jer čitava flota skela nije mogla prevesti bujicu automobila, a most se nije mogao sagraditi jer bi spriječio prolazak brodova. Iz Tokija se sele u pokrajinu sve poslovnice i tvornice jer se više ne može doći do središta sa zbijenim zgradama drukčije nego pješice ili visećom željeznicom koja je sagrađena na betonskim stupovima i prelazi preko kuća i ulica na visini od 30 m.

Ceste na teritoriju Jugoslavije. U povijesti cestogradnje kod nas su se najstarijim cestama prevozili bakar, srebro, zlato, sol, bronza i jantar. Nakon početka I stoljeća slijedi doba izvrsne mreže rimskih cesta, koje možemo slijediti na rimskim *itinererima* (popisima putova s daljinama) i *Itinererskim kartama* (karte na kojima su ucrtani putovi i označene daljine postaja i naselja). Tragovi rimskih cesta pronalaze se u tlu i danas.

Treće razdoblje, zapuštenosti i bespuća, počinje nakon propasti Rimskog Carstva i traje kroz čitav srednji vijek pa i dalje sve do početka XVIII st.

Četvrto je razdoblje, u Sloveniji i Hrvatskoj doba austrijske vlasti, kad su se gradile dobre ceste za kolski promet, čak i cestograđevna remek-djela tog doba. U Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Srbiji i Makedoniji to je doba turske vlasti kad se pješačilo ili jahalo karavanskim stazama koje su ponegdje prolazile zapuštenim rimskim cestama. (Jedine su svijetle točke za turske vlasti neki lijepi kameni mostovi, ćuprije.) Odmah nakon oslobođenja od Turaka grade se prve ceste i u tim našim krajevima.

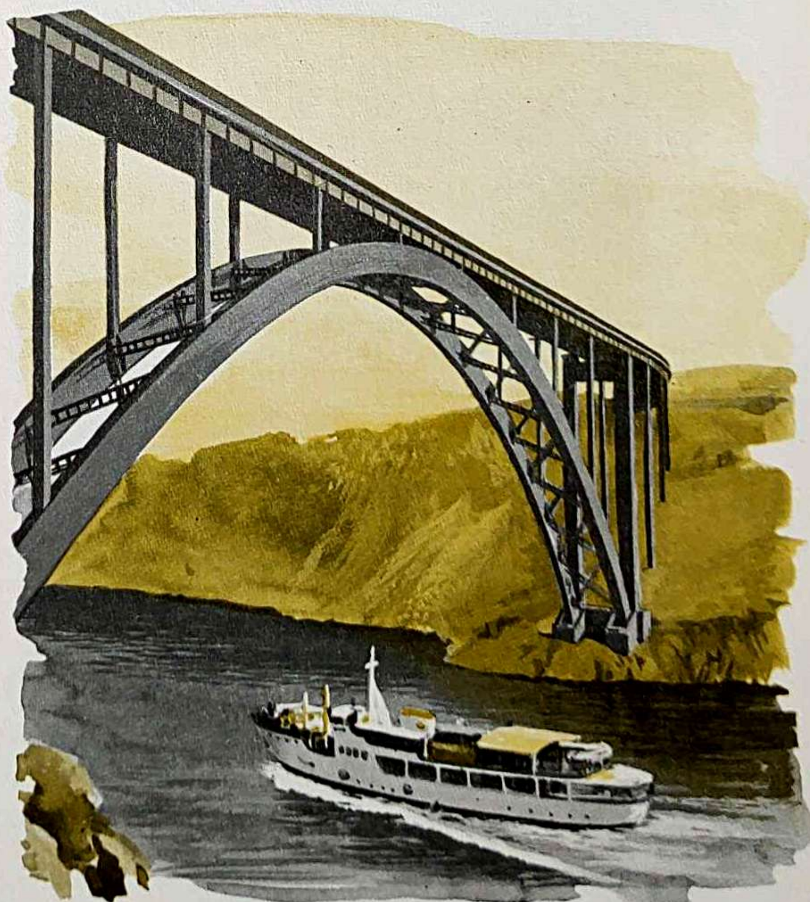
Novije razdoblje počinje kad su se pojavili automobili na cestama izvan gradskih ulica, a to je kod nas poslije prvoga svjetskog rata 1918. Od tada pa do 1941. sagrađeno je 850 km cesta s modernim kolovozom, a od toga 550 km za promet teških motornih vozila. U to doba izgrađeno je i mnogo cesta bez modernog kolovoza u ukupnoj dužini od oko 1900 km. Međutim, za drugoga svjetskog rata 1941—1945. razorena je velika većina cesta i porušeno mnogo mostova a nije sagrađena gotovo nijedna nova cesta.

Najznačajnije je u povijesti naše cestogradnje najnovije doba. Poslije oslobođenja najprije su se popravljale sve oštećene ceste i srušeni mostovi a zatim su se počeli izgrađivati novi auto-putovi i ceste s modernim kolovozom za promet motornih vozila najveće težine. Dosad je sagrađeno na teritoriju Jugoslavije i mnogo cesta bez modernog kolovoza tako da je 1. I 1970. bilo ukupno 90 104 km cesta, od toga 21 744 km s korom od betona, asfalta ili kocki i 42 304 km cesta s tučencem. Ostalo su zemljani putovi.

U *Hrvatskoj* su prve dobre ceste sagradili Rimljani. Gradili su ih uvježbani vojnici pod rukovodstvom rimskih stručnjaka. Obične zemljane radove obavljali su težaci iz okolice. Pri trasiranju cesta Rimljani su birali pogodno čvrsto tlo i gradili dobre kolovoze od šljunka ili tučenca. Glavne ceste bile su označene miljokazima. (Jedna *rimska milja* bila je duga oko 1480 m.) Na razmacima jednodnevnog putovanja podizale su se postaje za opskrbu putnika i konja. Rimljani su izradili i prvu zemljopisnu kartu na kojoj su bila nacrtana naselja, ceste i postaje, te upisane razdaljine između mnogih naselja. Glavne su rimske ceste u Hrvatskoj vodile iz Ljubljane kroz Trebnje (Praetorium Latobicorum), Drnovo (Neviodinum), Sisak i Slavonski Brod u Beograd. Druga cesta prolazila je Podravinom iz Ptuja, kroz Osijek i Vukovar u Zemun. Treća uzdužna cesta iz Trsta obilazila je Istru i prolazila kroz Pulu, Rijeku, Senj, Nin, Zadar i Skradin i svršavala u Solinu. Odatle je cesta slijedila uz morsku obalu kroz Naronu i Cavtat u Kotor. Od poprečnih cesta glavne su polazile iz primorja u unutrašnjost: iz Zadra, kroz Liku prema Sisku; iz Solina kroz Glamoč u Sisak; iz Narone uz Neretvu i kroz Mostar u Raču.

Jedna je cesta prolazila kroz Šćitarjevo, gdje se nalazilo rimsko naselje Andautonia, nedaleko od današnjeg Zagreba. Ona je povezivala Sisak s Čatežom, Litijom i Ljubljanom. Osim glavnih cesta bilo je još mnogo sporednih koje su vodile u veća naselja i povezivale glavne ceste međusobno. Na splitskom miljokazu zabilježeno je pet cesta koje su povezivale Solin s unutrašnjošću.

Nakon propasti Zapadnoga Rimskog Carstva ubrzo su propale i rimske ceste jer ih nitko nije održavao. Zapušteno stanje cesta potrajalo je sve do XVIII st. Iako je u srednjem vijeku promet

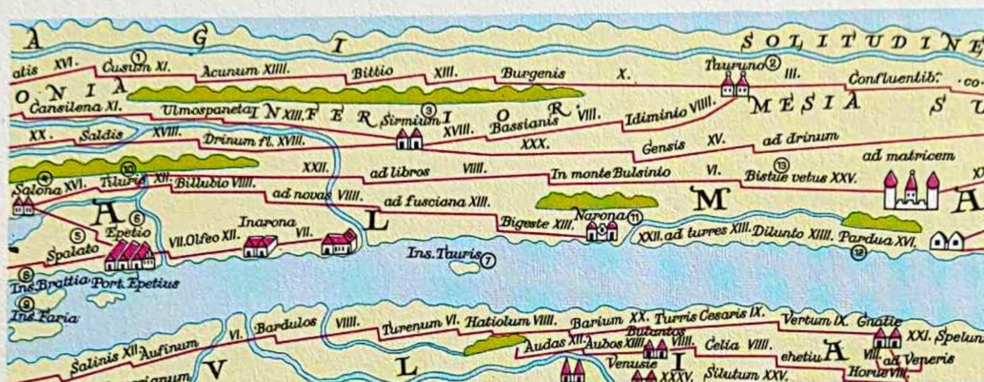


Čelični most preko Masleničkog ždrila na Jadranskoj magistrali. Ispod njega mogu prolaziti prekooceanski brodovi s jarbolima

tekao uglavnom starim smjerom, a većim dijelom tako teče i sada, pojedini su se dijelovi zapuštenih rimskih cesta napuštali i zaobilazili. Ponegdje su staru trasu zatrpali i vodeni nanosi tako da joj se s vremenom izgubio svaki trag, ali se pri gradnji novih automobilskih cesta, usjeka i građevnih jama sada ponegdje otkrivaju dijelovi drevnih kolovoza.

U srednjem vijeku više nije bilo putova kao što su bile rimske ceste, a nije bilo ni cesta u današnjem smislu. Sredovječni putovi bijahu obične staze za pješake i za karavanski promet tovarnom stokom.

Bolje trasirane i otpornije ceste počele su se graditi u Hrvatskoj tek oko 1720, a stari karavanski putovi pregrađivali su se za kolski promet.



U doba cara Augusta rimski geometri su popisali sva naselja u carstvu i izradili zemljopisnu kartu Orbis pictus. Golema karta, na kojoj su geometri radili 25 godina, izgubila se za seobe naroda u srednjem vijeku. Ona je poslužila kao osnova mnogim rimskim kartama, pa i skupu od 13 uskih i dugih putnih listova, koji prikazuju ceste od Britanije do Indijskog oceana, a izradio ih je rimski kartograf Castorius. Karta se sada zove i Tabula Peutingeriana, po Nijemcu Konradu Peutingeru iz XV st. koji ju je počeo pripremati za reprodukciju. Sada se 12 listova čuva u bečkom muzeju, a trinaesti, britanski list, je izgubljen. Na slici kopija rimske karte vjerojatno iz III stoljeća: 1. Petrovaradin, 2. Zemun, 3. Sremska Mitrovica, 4. Solin, 5. Split, 6. Stobreć, 7. Šćedro, 8. Brač, 9. Hvar, 10. Trilj, 11. Vid, 12. Ston, 13. Varvara. Na slici dio karte od Splita do iza Stona



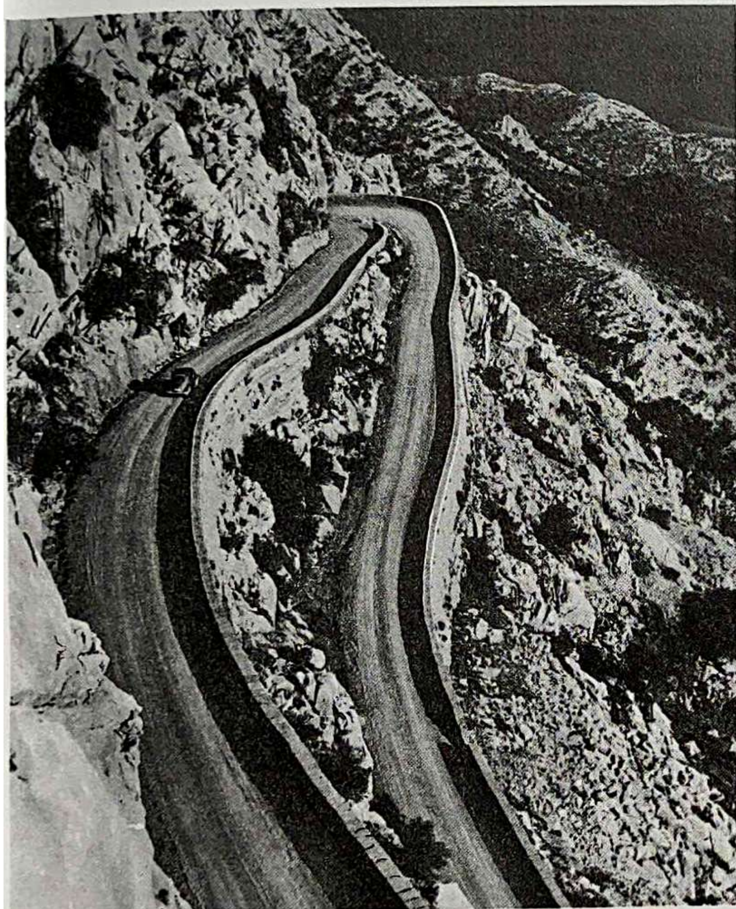
Gradska vrata u Senju, spomenik završetku Jozefinske ceste. Na okrugloj ploči ispod krune napis Josephinae finis (Svršetak Jozefine). Na lijevom stupu uklesan je prilično opširan miljokaz

God. 1728. dovršena je *Karolinska cesta* (nazvana po caru Karlu III), koja je vodila iz Karlovca, preko Dubovca, Bosiljeva, Vrbovskog, Ravne Gore, Mrkoplja, Sungera, Bijelog Sela, Vrata, Fužina, Zlobina i Hreljina u Kraljevicu. To je tzv. *Stara karolinska cesta*. Za cara Karla probijen je i uski put za karavane mazgi iz Karlobaga preko Kubusa (velebitski klanac 927 m nad morem), Baških Oštarija i Brušana u Gospić, koji je mjestimično bio i popločan turskom kaldrmom, ali njime, zbog strmih nagiba i uskih prolaza, nisu mogla prolaziti kola sa stočnom spregom. Zbog toga je od Karlobaga do Baških Oštarija, sredinom XVIII st. sagrađena *Terezijanska cesta* (po Mariji Tereziji), koja nije prolazila preko Kubusa, nego kroz Ždrilo, a preko Kubusa rekonstruirana je Terezijanska cesta tek sredinom XIX st. U jesen 1750. dovršena je kolska cesta iz Zagreba preko Jastrebarskog do Karlovca. Ona je 1756. već prvi put rekonstruirana.

Vojna krajina započela je 1753. graditi poštanske ceste iz Zagreba kroz Ivanićgrad, Lipovljane, Novu Gradišku, Oriovac, Brod, Vinkovce, Sremsku Mitrovicu u Zemun, s odvojcima u Osijek i Petrovaradin.

Godine 1774. počela se graditi *Jozefinska cesta*, nazvana po caru Josipu II, koja je vodila iz Karlovca kroz Dugu Resu, Generalski Stol, Tounj, Josipdol, Žutu Lokvu i Vratnik (velebitski prijevoj, 698 m) u Senj. Ta je cesta dovršena 1779. Od 1782. do 1791. gradio je graničarski oficir

Vukasović cestu iz Senja u Karlobag. U to vrijeme izgrađene su ceste: iz Zemunika preko Benkovca i Kistanja u Knin; od Knina preko Strmice do bosanske granice; od Šibenika preko Gulina, Drniša, Siverića i Kosova do Knina; iz Šibenika preko Vrpolja, Boraje, Prapatnice i Segeta u Trogir, i dr.



Gore: cesta koja iz Obrovca na Zrmanji vodi preko Velebita u Liku

Desno: Dobre kolske ceste gradile su se u Hrvatskoj poslije 1720. Neke, modernizirane, i sad dobro služe automobilskom prometu

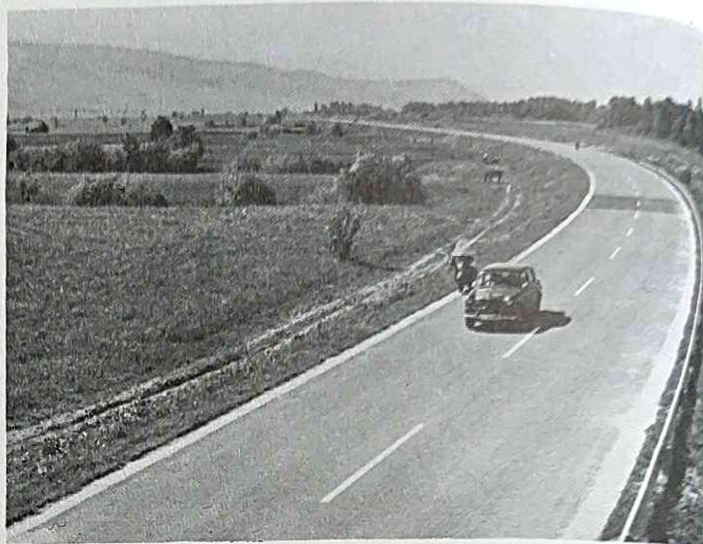
Vukasović je 1781. započeo graditi novu cestu iz Rijeke, kroz Čavle, Mrzle Vodice, Lokve, Delnice, Brod na Kupi, Vrbovsko, Severin, Netretić i Stative u Karlovac, koja se imala povezati s cestom Karlovac—Zagreb. (Svi su gradići, npr. Delnice i danas usmjereni duž trase te ceste.) Do 1809, tj. do dolaska Francuza, Vukasović je dovršio gotovo čitavu cestu sve do Stativa, nekoliko kilometara ispred Karlovca, a ostatak, što su ga Francuzi loše trasirali, dovršen je kasnije. Ta je cesta nazvana po Napoleonovoj ženi *Lujzinska cesta*. Bila je vrlo dobro trasirana i pravo remek-djelo tadašnje cestogradnje; ona se ubrajala i dugo kasnije među najbolje ceste u Evropi.

U XIX st. veoma je mnogo napredovala tehnika u gradnji kolskih cesta. Francuzi su za kratkotrajne okupacije sagradili *Marmontovu cestu*, koja je tako nazvana po guverneru ilirskih provincija, francuskom maršalu Augusteu Marmontu (Ogistu Marmonu). Ta je cesta prolazila unutrašnjošću Dalmacije trasom: Knin, Kijevo, Vrlika, Hrvace, Sinj, Trilj, Katuni, Šestanovac, Zagvozd, Župa, Kozica, Vrgorac, Metković, Dubranje do granice bivše Dubrovačke republike. Djelomično su izgrađeni i nastavci te ceste iz Trstena u Zaton, iz Gruža u Herceg-Novi i iz Kotora preko Trojice u Budvu. Marmontova cesta i drugi putovi bili su u to doba vrlo jednostavno trasirani, zbog toga su se kasnije morali više puta rekonstruirati.

Nakon prestanka francuske okupacije sagradila je Austro-Ugarska nekoliko čuvenih cesta. Od 1825. do 1827. izgradio je Knežić *Velebitsku cestu* iz Obrovca do prijevoja *Mali Halan* (1045 m), koja se spojila s postojećom cestom Gospić—Gračac. Godine 1835. sagrađena je cesta Sušak—Martinšćica (*Dorotejska cesta*) i temeljito rekonstruirana Karolinska cesta (*Nova Karolina*). U to vrijeme punih 10 godina (1833—1844) Knežić pregrađuje, modernizira i osposobljava za kolski promet Staru Jozefinu od Karlovca preko Vratnika do Senja (*Nova Jozefina*), a od 1844. do 1848. pregrađuje za kolski promet i ispravlja trasu ceste iz Karlobaga, preko Kubusa u Baške Oštarije, Brušane i Gospić. Tu cestu nastavlja i dovršava 1848. Simo Kekić. U drugoj polovini XIX st. sagrađena je *Rudolfova cesta* iz Ogulina, preko Banskih vrata (1082 m) u Novi Vinodolski.



Desno: Zagorska magistrala Podsused—Krapina; produžuje se preko Macelja u Ptuj, kao najkraća veza između Graza, Zagreba i Rijeke



Hrvatska je 1862. dobila svoju posebnu građevinsku službu, a u njezin je djelokrug ušla gradnja i održavanje svih putova. Do kraja XIX st. izgrađeno je mnogo cesta, pa je 1900. bilo u Hrvatskoj i Slavoniji oko 5300 km državnih i zemaljskih cesta, a do 1914. povećana je dužina cesta na 5800 km.

U Dalmaciji je poslije francuske okupacije gradnja cesta i dalje ostala u djelokrugu austrijskih vlasti sve do 1918. U to vrijeme sagrađena je uska i zavojita kolska cesta iz Makarske preko Biokova u Kozicu, gdje se spojila s Marmontovom cestom, koja je temeljito rekonstruirana sredinom XIX st. Tada su se pregradile još ceste: Gruž—Dubrovnik i Dubrovnik (Ploče)—Konavli (Gruda). Od 1878. do 1881. sagrađena je i čuvena cesta iz Kotora uz Lovćen do austrijske granice i neke druge. God. 1918. imala je Dalmacija oko 1000 km državnih i više od 600 km pokrajinskih cesta.

Do kraja prvoga svjetskog rata moderni su se kolovozi gradili u Hrvatskoj samo u gradskim ulicama, i to uglavnom od kocki ili od nabijenog asfalta. Tek nakon rata, poslije 1919, kad su se u prometu počela upotrebljavati motorna vozila, izgrađivale su se i ceste s modernim kolovozima.

Između dva svjetska rata (1918—1941) sagrađene su moderne ceste: Zagreb—Dugo Selo; Zagreb—Samobor; Sušak—Bakarac—Kraljevica—Crikvenica—Novi Vinodolski; Trogir—Solin—Split; Dubrovnik—Zvekovica (povrh Cavtata). U Istri su Talijani modernizirali ceste: Rijeka—Rupa—Kozina—Trst i Pula—Baderna—Buje—Trst.

Za drugoga svjetskog rata cestogradnja je gotovo zamrla. Moderniziran je kolovoz na cestama: Ptuj—Varaždin—Komin (35 km sjeverno od Zagreba) i nekoliko kraćih dionica oko Zagreba. Međutim, veoma je mnogo cesta razoreno.



Dolje: Jadranska magistrala kod Žrnovice (Novi Vinodolski—Senj). Na rtu stara cesta Trsat—Senj, koja je više puta rekonstruirana



Nakon oslobođenja cestogradnja je 1945. oživjela kao nikad. Ponajprije su popravljane sve razorene ceste, a uskoro je kao prvi sagrađen *Put bratstva i jedinstva* iz Zagreba u Beograd. Zatim je temeljito rekonstruirana cesta iz Zagreba kroz Karlovac u Rijeku. Sagrađena je najmodernija cesta iz Zagreba u Ljubljanu, kao nastavak Puta bratstva i jedinstva, a nove i temeljito rekonstruirane su ceste iz Karlovca preko Plitvica u Gospić, *Jadranska magistrala* iz Novog Vinodolskog do republičke granice pred Bokom Kotorskom, *Zagorska magistrala* iz Zaprešića u Krapinu, odvojak od Puta bratstva i jedinstva preko Đakova u Osijek, *Podravska magistrala* između Varaždina i Iloka. Cesta od Vukovara do Županje. Počele su se graditi prve autostrade od Zagreba do Karlovca i od Rijeke do Grobničkog polja. U Hrvatskoj je 1. I 1971. bilo 7357 km cesta s korom od asfalta, betona ili kocki te 13 669 km cesta od tučenca.

Kartografska skica Puta bratstva i jedinstva, prolaza tog puta kroz Ljubljanu i Zagreb, te veze s drugim putovima



U *Sloveniji* su najstariji putovi vodili riječnim dolinama Save, Drave i Soče. Gotovo okomito na taj smjer prolazio je kroz Sloveniju i jedan od jantarskih putova iz Elblaga i Toruna na Visli u Poljskoj, kroz današnju Bratislavu na Dunavu u Čehoslovačkoj te kroz Ptuj, Celje i Ljubljanu u Aquileiu (Akvileju) u Italiji na sjevernom jadranskom primorju.

Rimljani su sagradili u Sloveniji putove istim smjerovima: iz Virunuma, nedaleko od Klagenfurta (Celovca) u Austriji, dolinom Soče u Aquileiu; iz Virunuma niz Dravu u Celje; prastarim jantarskim putem kroz Ormož, Celje, Ljubljanu, Logatec i Most na Soči u Aquileiu. Osim tih putova, četiri su glavne rimske ceste vodile iz Slavonije prema jugoistoku: iz Trsta u Rijeku; iz Ljubljane kroz Trebnje i Drnovo u Sisak; iz Ljubljane kroz Šćitarjevo u Sisak; iz Ptuja niz Dravu, kroz Legrad u Osijek. Svi su se ti putovi dobro održali kroz čitav srednji vijek.

Cestogradnja se u Sloveniji počela bolje razvijati za austrijske vladavine. Austriji su bile najvažnije ceste koje su povezivale Beč s jadranskim primorjem i Posavinom. Jedan je od tih putova vodio iz Beča kroz Ljubljanu u Trst, a drugi iz Beča kroz Ptuj i Varaždin u Zagreb i Sisak. U to doba sagrađeno je i nekoliko lokalnih cesta koje su dobro održavane sve do najnovijeg doba.

Za prvoga svjetskog rata izgradili su ruski zarobljenici planinsku zavojitu cestu iz doline Save preko prijevoja Vršiča (1611 m) u dolinu Soče (Trenta). Između dva rata, od 1918. do 1941. u Sloveniji je izgrađeno nekoliko dobrih cesta, a mnoge su rekonstruirane. Među ostalim izgrađena je gotovo čitava cesta s modernim kolovozom iz Ljubljane kroz Medvode, Kranj i Radovljicu u Jesenice i odvojak iz Radovljice u Bled.

Put bratstva i jedinstva Zagreb—Ljubljana; uz put su parkirališta



Ni u Sloveniji nije za drugoga svjetskog rata sagrađena nijedna nova cesta. Počeo se bušiti tunel na Ljubeljskom prijevoju (1370 m), ali ni on nije dovršen do kraja rata. Moderniziran je samo kolovoz na cesti između Maribora i Celja, te od Maribora do Ptuja i Varaždina.

Cestogradnja se najbrže razvija poslije oslobođenja, nakon 1945. kad se vrlo mnogo putova rekonstruira za brži promet motornim vozilima, npr. cesta iz Maribora preko Celja, Ljubljane, Postojne i Kopra u Portorož. Gradi se i mnogo novih cesta posve novim trasama, od kojih je najvažniji Put bratstva i jedinstva iz Ljubljane u Zagreb i autostrada od Postojne k zapadu.

Sada Slovenija raspolaže najboljom cestovnom mrežom u Jugoslaviji, a sve se ceste i primjerno održavaju. Dana 1. I 1971. bilo je 3594 km putova od betona, asfalta i kocki, a 8624 km cesta od tučenca.

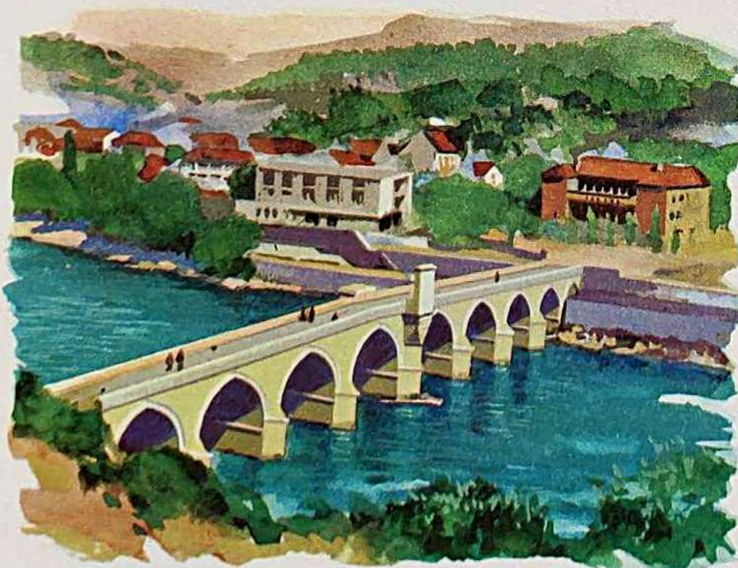
U *Bosni i Hercegovini* putovale su karavane tovarne stoke kroz stoljeća prastarim i jedva prolaznim pješačkim i konjskim stazama. Osim toga više od 80% novijih staza vodilo je smjerom koji je naslijeđen iz doba tuđinske vlasti, pa nije bio povoljan za potrebe zemlje. Trase rimskih cesta vodile su od jugozapada, iz Salone i Narone, prema sjeveroistoku, a Turci su se kretali putovima iz Istoka (Carigrada) prema sjeverozapadu (Krajini).

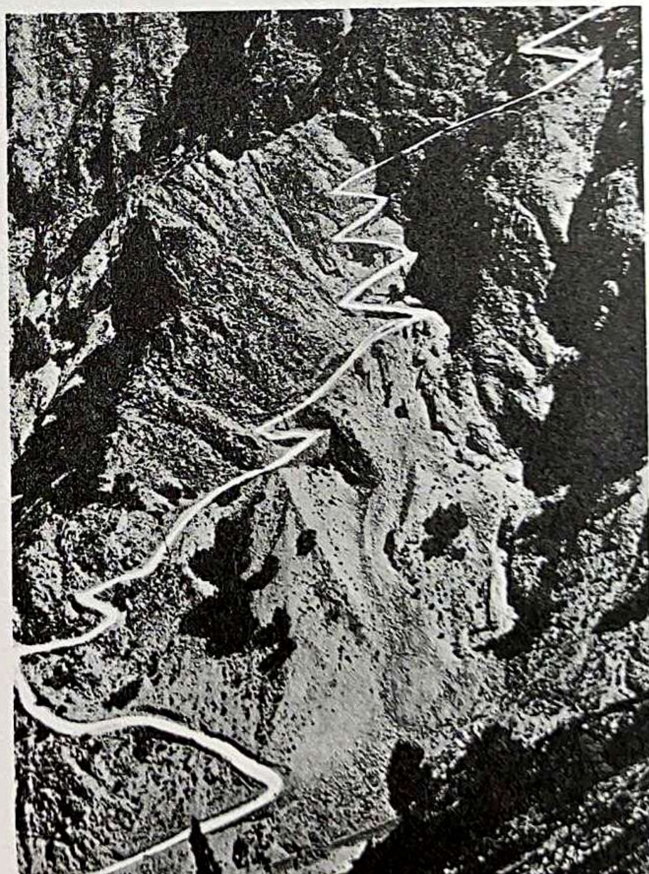
U doba Napoleona sagrađeno je nekoliko cesta od kojih je najvažnija vodila desnom obalom Save. Međutim, uskoro su svi putovi posve zapušteni. Tek je između 1850. i 1870. sagrađen prvi primitivan kolski put iz Bosanskog Broda, kroz Derventu, Doboj, Žepče, Zenicu, Sarajevo, sedlo Ivan (967 m), Konjic, Mostar i Domanoviće u Gabelu kod Metkovića. Turci su uz putove podizali prenočišta *karavan-seraje*, a u gradovima *kuršumli-hanove*.

Cestogradnja je oživjela u Bosni i Hercegovini u doba austrijske okupacije 1878, ali je okupacijska vojska gradila ceste ponajprije u vojne svrhe prema Srbiji i Crnoj Gori. Kasnije su se gotovo svi putovi gradili narodnom obvezom, pa je u dvadeset godina, od 1880. do 1900. dovršeno oko 1000 km glavnih, 1000 km kotarskih i 600 km sporednih putova. God. 1918. bilo je u Bosni i Hercegovini oko 6870 km dobrih cesta.

Za drugoga svjetskog rata nije sagrađena nijedna nova cesta. Rekonstruirana je cesta od Okućana do Banje Luke, ali su mnoge vrlo teško oštećene. Najživlja je cestogradnja poslije oslobođenja. Dovršene su moderne ceste s kolovozom od asfalt-betona i kocki iz Bosanske Gradiške, kroz Banju Luku, Jajce. Travnik u Sarajevo; od Tuzle do Sarajeva; od Sarajeva kroz Konjic, Mostar i Metković do Jadranske magistrale kod Opuzena na Neretvi; od Višegrada kroz Ustipraču, Goražde, Foču, Bileću i Trebinje do Dubrovnika: od Bosanske Dubice do Prijedora; od Bihaća do Bosan. Novog i dr.

Bosna i Hercegovina imale su 1. I 1971. oko 1973 km putova s modernim kolovozom od betona, asfalta ili kocki i 4152 km cesta od tučenca.





Gore: vijugava staza koja se iz Kotora penje uz Lovćen u Njeguše

Lijevo: most na Drini kod Višegrada, dug 250 i širok 10 koraka, dao je sagraditi Mehmed paša Sokolović. Građen je 5 godina; dovršen 1571.

Desno: cesta i željeznica Bar—Titograd preko Skadarskog jezera

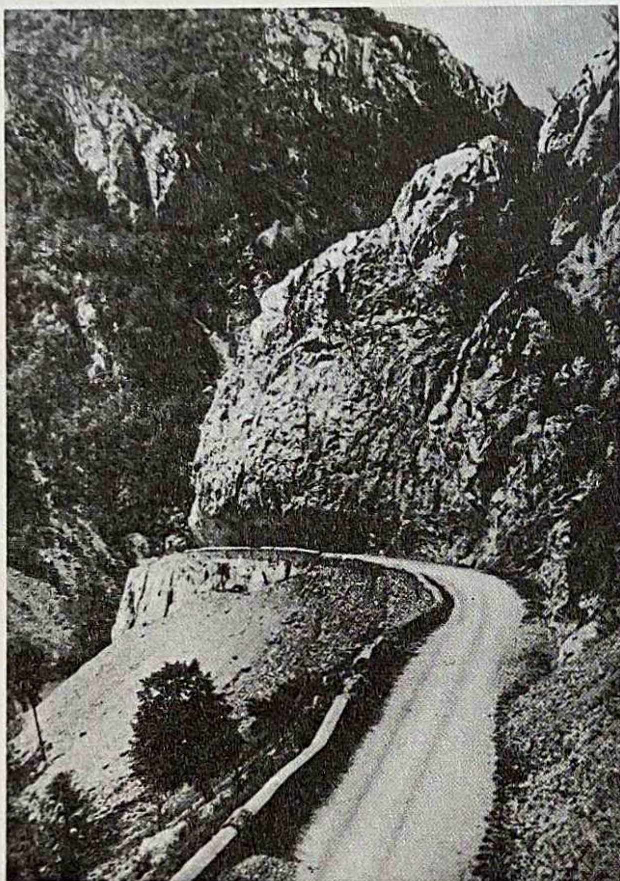
U *Crnoj Gori* upotrebljavale su se u srednjem vijeku i za turske vlasti pješačke staze koje su ponegdje prolazile starim rimskim cestama. Najvažnija je vodila iz Dubrovnika, kroz Trebinje, Sutjesku i Pljevlja prema istoku u Niš. Druga je staza vodila iz Budve preko Cetinjskog polja, kroz Onogošt (Nikšić), Brskovo (kod Mojkovca), Bijelo Polje i Budimlje (kod Ivangrada) u Pljevlju. Treća je polazila iz Skadra, pokraj Skadarskog jezera, dolinom Zete u Onogošt, gdje su se stjecale staze iz Dubrovnika, Herceg-Novog i Risna. Jedna je cesta vodila iz Podgorice (Titograda) u Rijeku Crnojevića, gdje je bila raskrsnica putova za Bar, Budvu i Kotor. U doba turske vlasti roba se iz Skadra ipak najviše prevozila brodićima po Skadarskom jezeru do Plavnice (južno od Titograda), a odatle je vojna staza za tovarnu stoku vodila preko Titograda i Nikšića u Hercegovinu. Pokraj svih putova nalazili su se *stanovi*, odmorišta s gostionicama.

Do 1878. nije u Crnoj Gori bilo puta kojim su mogla proći kola sa stočnom spregom. Jedina bolja staza za tovarnu stoku sagrađena je 1844—1846. i vodila je iz Cetinja u Kotor. Maršal Marmont sagradio je početkom XIX st. vojnu cestu iz Herceg-Novog, kroz Kotor u Budvu, a Austro-Ugarska je nastavila gradnju vojnih cesta iz Kotora u Krstac (pod Lovćenom) i iz Risna u Dragalj (južno od Grahova). Prva cesta za kolski promet, široka 5 m, počela se graditi 1879. iz Cetinja prema Njegušima, a



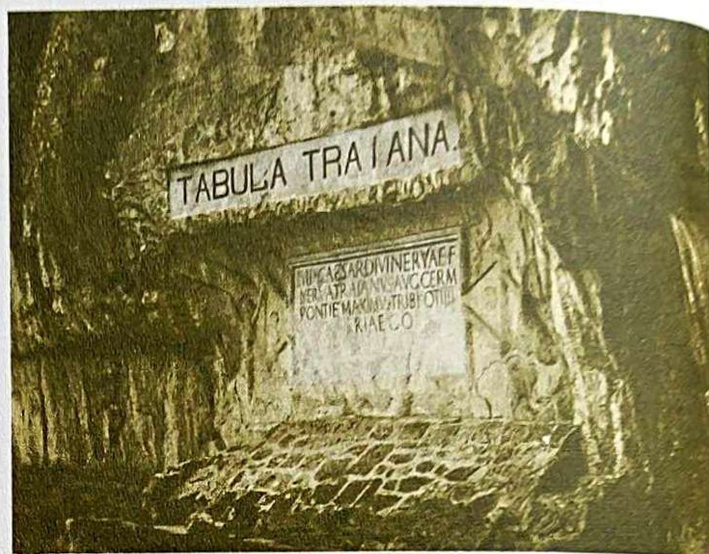
Glavne ceste u Socijalističkoj Federativnoj Republici Jugoslaviji. 1970. bilo je 90 104 km cesta, od toga 21 744 km od betona, asfalta i kocki te 42 304 km putova od tučenca

1884. dovršena je do austrijske granice kod Krstaca. Tako je spojen Kotor s Cetinjem. Od 1882. do 1892. povezivala su se kolskim putovima sva glavna crnogorska mjesta, a do 1908. povezane su i manje varošice. Od 1879. do 1914. sagrađeno je u Crnoj Gori 540 km kolskih putova, a od 1918. do 1941. još 450 km cesta s nekoliko stalnih mostova



Za rata 1941—1945. svi su putovi bili teško oštećeni, pa su se nakon oslobođenja najprije popravljale i rekonstruirale, a zatim i gradile nove ceste, od kojih je najvažnija Jadranska magistrala, koja ide od Konavala kroz Igalo, Herceg-Novi, Kamenare, Lepetane, Tivat i Budva do Petrovca. Tu se magistrala dijeli u dva kraka. Jedan krak vodi u Bar i Ulcinj, a drugi v Virpazar, prelazi Skadarsko jezero dugim nasipom i mostom i nastavlja kroz Titograd i Bijelo Polje u Ivangrad, Rožaj, Kosovsku Mitrovicu i dalje. Jadranska magistrala prekinuta je između Kamenara i Lepetana u Verigama (tjesnac u Boki Kotorskoj), gdje se automobili prevoze trajektom preko mora. Tu će se uskoro sagraditi most ili tunel ispod mora, ali to još nije konačno odlučeno.

U Crnoj Gori je 1. I 1971. bilo 777 km cesta s modernim kolovozom od betona, asfalta ili kocki i 2216 km cesta od tucenca.



Trajanova ploča u Kazanskoj klisuri izrezana je iz podloge i podignuta da je ne preplavi voda zagaćena branom đerdapske elektrane

Lijevo: cesta kroz Gornjačku klisuru (istočna Srbija, dolina Mlave)

U *Srbiji* su glavne ceste i u pradavno doba prolazile riječnim dolinama Dunava, Save i Morave. Prva cesta vodila je lijevom obalom Save iz Slavonskog Broda, preko Sremske Mitrovice u Zemun, a druga iz Iloka desnom obalom Dunava kroz Sremske Karlovce u Zemun. U rimsko doba cesta je iz Beograda išla dalje niz Dunav do Kostolca (Viminacium), gdje se jedan kraj odvajao u Niš (Naissus) dolinom Morave, a drugi se krak probijao kroz Đerdap desnom obalom Dunava. Đerdapsku cestu počeo je graditi Tiberije, a nastavili su je carevi Vespazijan i Domicijan. Na uspomenu uklesane su u liticama carske ploče. Sačuvana je Tiberijeva i Vespazijanova ploča, a Domicijanova je razorena za probijanja dunavske sutjeske kod Grebena. Strategijska se važnost đerdapskih putova osobito istakla za cara Trajana. Njegova cesta (*Via Traiana*) upotrebljavala se za visokog dunavskog vodostaja i kao kopitnica za kopitarenje brodova uz vodu. Ona je u Kazanu (Đerdapska dolina) usječena u stijenu, a dijelom je izgrađena na poprečnim gredama, koje su bile utaknute u rupe izbušene u okomitim liticama i poduprte kosnicima. Tragovi tih rupa još se vide u liticama iznad kazanskih vrtloga, ali će ih uskoro prekriti voda umjetnog jezera, kad se zagati Dunav golemom branom đerdapske hidroelektrane. U kazanskoj klisuri ispod Malog Štrpca nalazi se dobro očuvana *Trajanova ploča* (Tabula Traiana). Trajan je 195. sagradio i veliki most preko Dunava. Lik tog mosta očuvan je na Trajanovu stupu u Rimu. Za zaštitu mosta car je dao podići *mostobran* (utvrdu za obranu mosta), oko kojeg se razvilo rimsko naselje Drobita (Turnu Severin u Rumunjskoj). Kamene mostove podigli su Rimljani još kod Smedereva i Kladova.

I Niš je u rimsko doba bio važna prometna raskrsnica. Odatle su vodile ceste: prema jugu dolinom Vardara u Solun; prema jugoistoku u Sofiju (Serdicu); prema jugozapadu u Skadar (Scodru) i prema zapadu u Čačak, Višegrad i Salonu. Nakon propasti Rimskog Carstva, pa do početka XIX st. sve su te ceste pod turskom vlašću zapuštene, a nova cestovna mreža počela se razvijati tek nakon 1830. za prve vladavine kneza Miloša. Tada su se uglavnom krčili putovi pruženih linija i zasipavali šljunkom. Slično su se pošljunčivali i oni riječni nasipi po kojima je prolazio kolski promet. Preko vodenih tokova gradili su se većinom drveni mostovi ili su se uspostavljale skele. Zbog oskudice novca i u Srbiji su se ceste u to vrijeme gradile uglavnom narodnom radnom snagom (kulukom).

Cestogradnja je oživjela nakon 1859. kad je osnovana *Uprava građevina*, koja je 1862. nazvana *Ministarstvo građevina*. God. 1864. objelodanjen je *Zakon o suvozemnim javnim drumovima*, a 1866. *Zakon o eksproprijaciji zemljišta*. Poslije 1870. gradili su se vrlo dobri željezni i kameni mostovi, a najljepši su oni preko Ibra kod Raške i preko Moravice kod Ivanjice. Prije početka balkanskog rata 1912. Srbija je imala 2400 km državnih i okružnih cesta.

U ratovima 1912—1913. i 1914—1918. ceste su bile teško oštećene, i nije sagrađena nijedna nova. Između dva rata, od 1918—1941. sagrađeno je nekoliko dobrih cesta, a najvažnija je bila međunarodna cesta s modernim kolovozom koja je vodila iz Subotice, preko Novog Sada (gdje je novim mostom prelazila Dunav) u Zemun. Odatle je cesta novim visećim mostom prelazila Savu i svršavala u Beogradu.

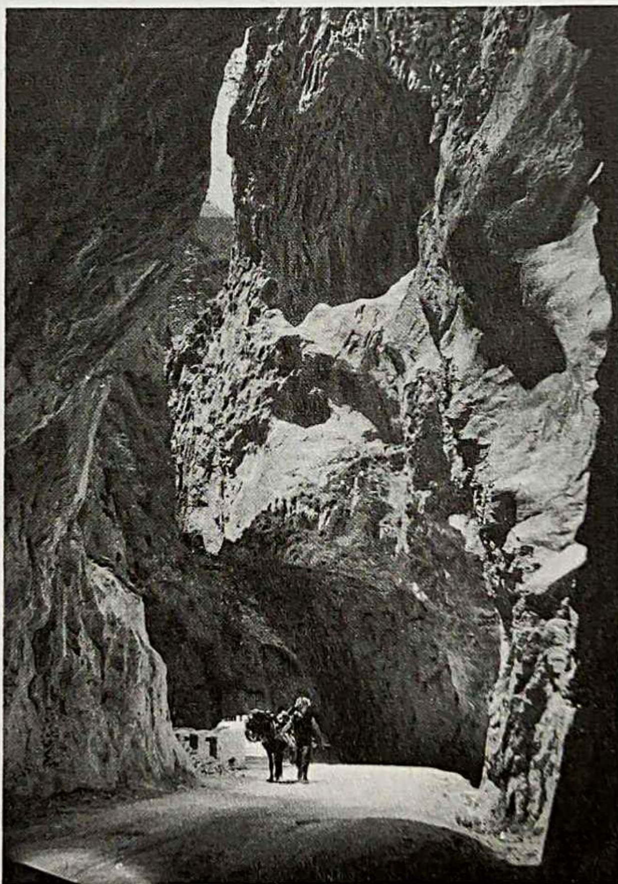
Za drugog svjetskog rata (1941—1945), opet je mnogo cesta i mostova razoreno, tako da se poslije oslobođenja 1945. najviše napora moralo ulagati u popravke i rekonstrukcije.



Najbrži je razvoj i u Srbiji poslije oslobođenja. Najkrupnije je djelo Put bratstva i jedinstva, koji vodi iz Posavine, iz Zagreba, preko Sremske Mitrovice, Beograda, Paraćina, Niša i Kumanova u Skopje. Temeljito je rekonstruirano i mnogo drugih cesta koje izlaze iz Beograda i vode u sve strane, u: Zrenjanin i Kikindu, u Vršac i Belu Crkvu, u Smederevo i Požarevac, u Aranđelovac i Kragujevac, u Čačak i Kraljevo, u Valjevo i Titovo Užice te dalje u Titograd i do jadranske obale.

Iz Niša ceste vode u Zaječar i Negotin, u Prokuplje i Kuršumliju, u Pirot i Dimitrovgrad te dalje u Sofiju.

U Srbiji je 1. I 1971. bilo 8925 km putova s modernim kolovozom od asfalta, betona ili kocki i 11 322 km cesta od tučenca.



Cesta probijena kroz Rugovsku klisuru, između Peći i Andrijevice

Lijevo: ceste u okolici Beograda. God. 1970. dovršen je auto-put kroz grad, moderne raskrsnice u različitim razinama i spojevi

U *Makedoniji* je prastari put vodio dolinom Vardara u smjeru sjever-jug. Tom je trasom išla i rimska cesta iz Kumanova kroz Stobi u Solun. Poprečna rimska cesta tekla je iz Apollonie (u Albaniji), kroz Strugu (Pons Serviliu), Ohrid (Lychnidus) u Solun. U Heraclei (Herakleji) se odvajala cesta prema Prilepu, Stobiju i Sofiji.

Potkraj turske vladavine sagrađeno je nekoliko cesta, a od njih su bile najvažnije: iz Kuršumlije preko sedla Prepolaca (973 m) u Prištinu i Kukësi u Albaniji; iz Titova Velesa preko sedla Mukos (1118 m na planini Babuni) u Prilep; iz Gradskog preko sedla Pretvora (990 m) u Prilep, Bitolu, Ohrid i Strugu; iz Titova Velesa u Carevo Selo (sada Delčevo); iz Skopja u Kumanovo i dr. Međutim, sve su te ceste u ratovima teško oštećene.

Najbrži je razvoj u Makedoniji sada. Najvažniji je Put bratstva i jedinstva koji teče dolinom Vardara, prastarim smjerom iz Kumanova, preko Skopja i Titova Velesa u Gevgeliju, na južnoj državnoj granici, a u Grčkoj se nastavlja do Soluna. Druge su po važnosti moderne ceste iz Gradskog u Prilep, Bitolu i Resen, Ohrid i Strugu, te iz Skopja kroz Tetovo u Gostivar i Debar.

U Makedoniji je 1. I 1971. bilo 1589 km putova s modernim kolovozom od asfalta, betona ili kocki i 1666 km cesta od tučenca.

Iz karte na kojoj su prikazani glavni jugoslavenski putovi, a posebno istaknute moderne ceste s korom od asfalta, betona ili kocki, najbolje se vidi golem napredak u našoj cestogradnji, a vide se i naše velike uzdužne i poprečne magistrale.

Od oslobođenja do 1. I 1971. novo je izgrađeno i rekonstruirano vrlo mnogo cesta, a pokriveno je asfaltom, betonom ili kockama 24 244 km kolovoza. Ako se uzme u obzir, da je ponegdje utrošeno i više od 2 milijuna dinara po jednom jedinom dužinskom kilometru kolovoza, onda se doista može shvatiti koliko je zajednica do sada uložila u cestogradnju. Međutim, gradi se i projektira još mnogo modernih cesta, od kojih su neke zbog smjelih mostova i dugih tunela prava remek-djela moderne cestogradnje. Ako usporedimo već danas našu cestovnu mrežu sa stanjem iz 1945. doista možemo biti ponosni svime što je dosad urađeno.

Kad se dovrše sve najvažnije i najhitnije potrebe prometne žile, gradit će se i prave autostrade sa dvije trake od najmanje dva kolovoza (ukupno 4 kolovoza) sa zelenom trakom u sredini. Na nekim preopterećenim cestama prilike su za takve pothvate već sazrele. Put bratstva i jedinstva između Zagreba i Beograda, zapravo je samo jedna (južna) traka buduće autostrade, a cesta između Karlovca i Zagreba veoma je uska i prolazi kroz gusta naselja trasom iz 1750.

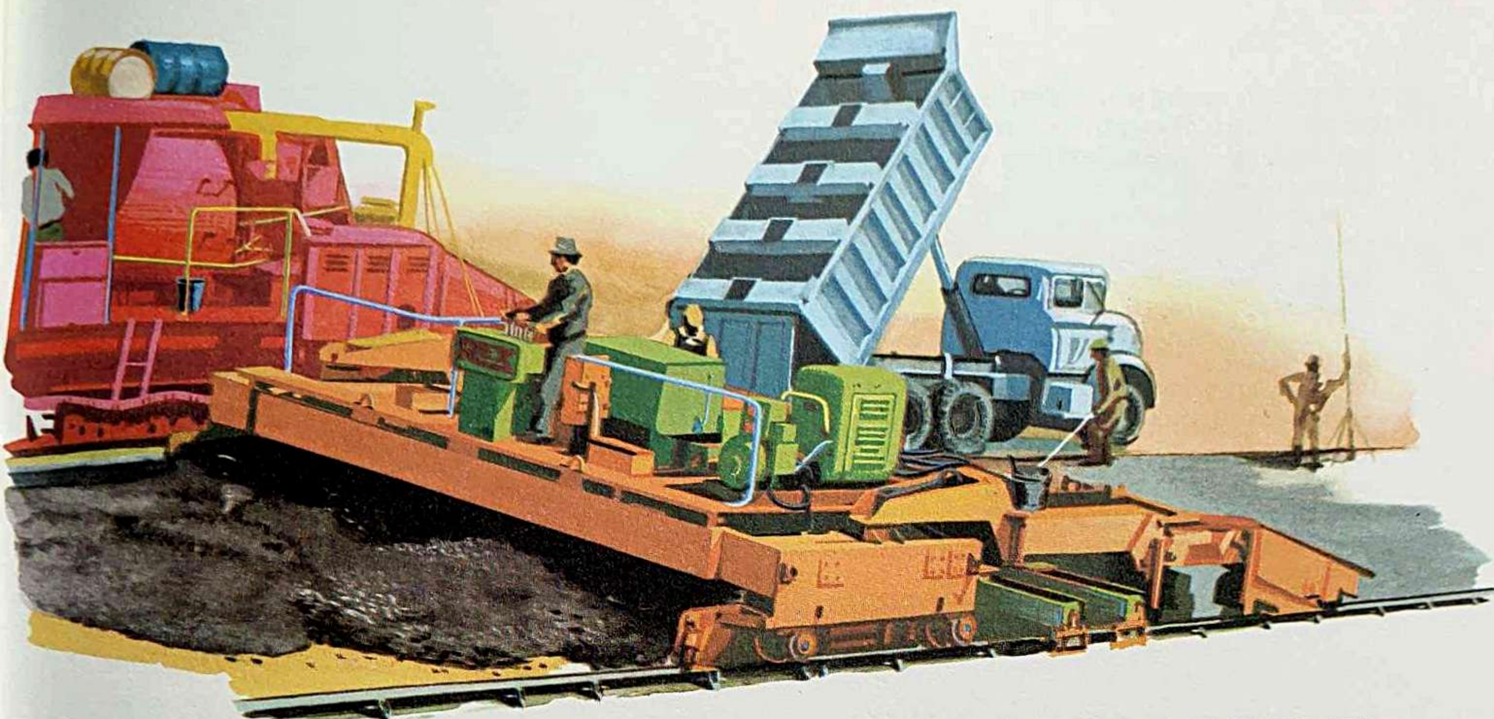
Stoga se već gradi četverotražna autostrada iz Zagreba u Karlovac, koja će se produžiti u Rijeku i Split. U Sloveniji se izgrađuje dio buduće autostrade Ljubljana—Nova Gorica, kod Postojne. U Srbiji će se povezati Beograd, preko Novog Sada i Subotice s madžarskom granicom. Projektira se i novi most između otoka Krka i Jadranske magistrale blizu Kraljevice.



Asfaltiranje usjeka na Auto-putu bratstva i jedinstva, odsjek u Makedoniji

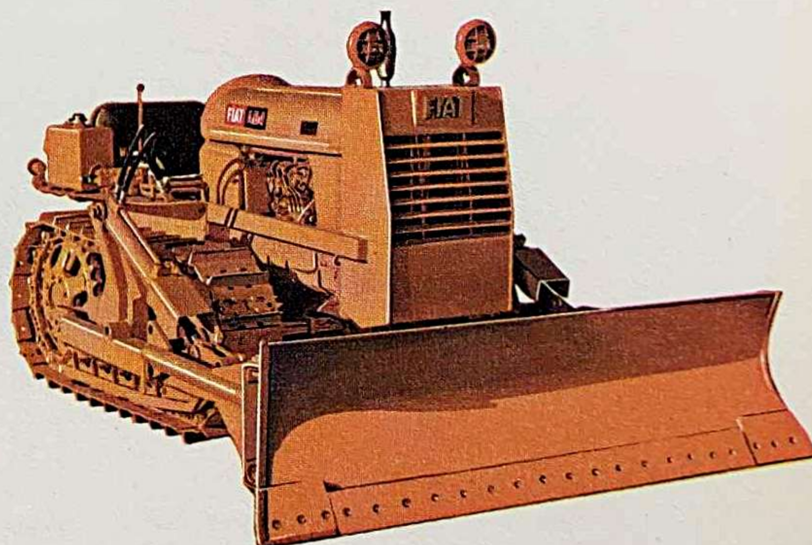


Jadranska magistrala prostire se uz more od Kopra do Petrovca u duljini od 801 km. Nastavak vodi iz Petrovca, preko Titograda, Kolašina, Peći i Prizrena u Skopje



Stroj za betoniranje, uravnavanje i asfaltiranje cesta

GRADNJA MODERNE CESTE



Dizel-motorni buldožer gusjeničar za zgrtanje, potiskivanje, premještanje i uravnavanje zemlje

Prije nego se počne graditi cesta, treba izraditi projekt. Ali da bi se moglo pristupiti i tom radu, treba znati koja je početna i završna točka buduće ceste i pokraj kojih mjesta treba da prođe. Mora se znati i namjena ceste, tj. da li će njome voziti laka, srednja ili teška prometna sredstva, koliko će prolaziti vozila na sat, koja će biti najveća dopuštena brzina i kolik će biti uspon i pad na pojedinim mjestima.

Projektiranje. Na temelju takvih zadataka proučava se najprije na karti oblik tla i približno se ucrtava glavni smjer buduće ceste. Pri tom se odmah proučava koje su se prepreke isprriječile na tom pravcu: rijeke, kanali, močvare, brda, planine, sutjeske i dr. Zatim se traži najpovoljniji put kojim bi se prepreke mogle izbjeći. Ako se ne mogu zaobići, odmah se proučava način kako bi se mogle najlakše i najjeftinije prijeći uz uvjet da ih vozila određene vrste mogu svladati uz određenu brzinu i najveću sigurnost pri različnim vremenskim prilikama.

Pošto se na karti izabere najpovoljniji smjer, polazi se na teren i podrobno se ispituju vrst tla i klimatske prilike na dijelovima ceste. Često se na temelju rezultata tih ispitivanja mora u većoj mjeri mijenjati glavni smjer ceste. Na temelju mjerenja i podataka prikupljenih na terenu izrađuje se *glavni projekt ceste*, a po njemu i projekti svih dijelova. Na mjestima gdje treba bušiti tunele, sjeći usjeke ili graditi nasipe, vijadukte ili mostove zemljište se još točnije izmjeri, pa se izrađuju posebni nacrti za gradnju tih objekata. Gradnja mostova, visokih nasipa i vijadukata te sječenje dubokih usjeka i bušenje tunela traje duže vremena, pa se zato odmah projektiraju i izgrađuju privremeni pristupni putovi do takvih gradilišta. Veći takvi objekti počinju se graditi i prije gradnje ceste.

Strojevi za gradnju cesta. Tuneli i usjeci izrađuju se tako da se u kamenu električnim ili pneumatskim dlijetima buše duboke rupe u koje se umeću dinamitske mine, pa se onda zapale, i tako eksplozija razbija živi kamen. Odlomljeni komadi dižu se posebnim dizalicama i odvoze izvan tunela i usjeka. Tuneli (v.) se buše s oba kraja prema sredini, a usjeci se razaraju minama

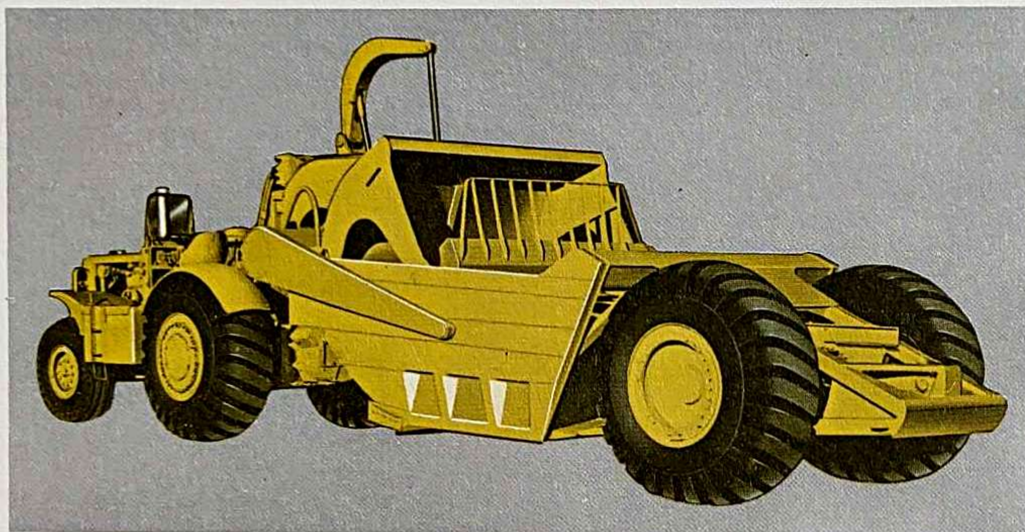
s oba kraja kao tuneli, ili duž cijele dužine odozgo prema dolje. Ponegdje se polaže i privremeni kolosijek za jumbo (v.) i za poljsku željeznicu kojom se odvozi kamenje.

Meko tlo uravnava se posebnim strojevima, *motornim strugačima* koji struganjem rastresu zemlju i sitno kamenje tako da ih teški *buldožeri* (engl. bulldozer) mogu zahvatiti i potiskivanjem odstraniti prema udolini koju treba nasuti i u njoj izraditi nasip.

Za dublje zemljane usjeke upotrebljavaju se pomični bageri na gusjenicama, kojih ima više vrsti. *Bageri lopatari*, koji na jakoj poluzi nose veliku i duboku lopatu, iskapaju zemlju, dižu je, prevoze i istresuju u vagončiće ili kamione, koji je odvoze do mjesta gdje se nasipavaju nasipi.



Bager na kotačima za kopanje, dizanje i prevoženje zemlje, pijeska i šljunka



Motorni strugač na kotačima za uravnavanje tla, odstranjivanje humaka i popunjavanje jama na donjem ustroju puta

Bageri hvatači imaju povišu dizalicu kojom dižu dvije oštre čelične čeljusti, naglo ih ispuštaju, zahvataju zemlju zatvaranjem čeljusti, dižu je, premještaju i istresuju u kamione.

Posebna su vrst *bageri strugači*, koji na kosom rešetkastom stupu nose dva beskonačna lanca s mnogo oštrih kašika. Lanci se neprekidno pomiču, a kašike se s donje strane stupa dižu, stružu tlo, grabe zemlju i nose je do vrha, gdje se istresa kroz limeni žlijeb u vagon ili u kamion.

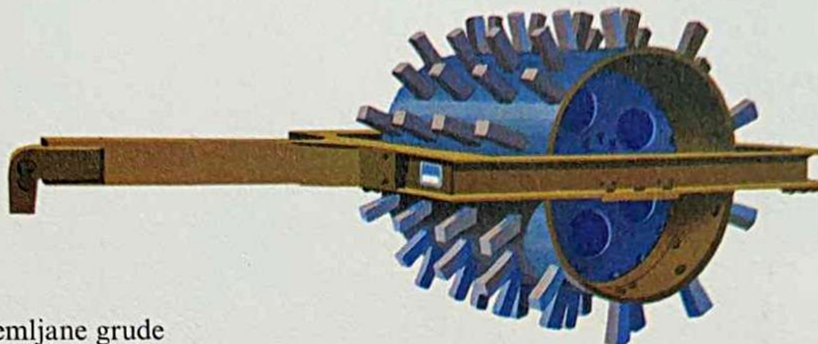
Kamioni za prijenos zemlje imaju jak dizel-motor, vrlo velike i široke kotače da ne propadaju u meko tlo i velik željezni sanduk u obliku prizme. Zemlja i kamenje samo se istresu kad se sanduk nagne motornom snagom.



Kamion za prijevoz materijala i istovar nagibom sanduka

Pošto je ovakvim i drugim strojevima usječen ili nasut temelj ceste, buldožeri uravnavaju gornju površinu temelja. Blage udoline zasipavaju se iz kamiona, a zatim se dovoze drugi strojevi koji će dobro utabati zemlju. Takvi se strojevi zovu *vibratori*. To su vodoravne okrugle čelične ploče s promjerom od oko 1 m. Na svakoj ploči je u valjkastu okućju dizel-motor s posudama za gorivo i rashladnu vodu. Kad se uputi motor, čitav vibrator titra (poskakuje), a vodoravna ploča utabava zemlju. Vibrator se upravlja volanom ili svijenom ručkom kao na dječjim kolicima. Dok vibrator titra, može se i osrednjom snagom ručka potiskivati naprijed, desno ili lijevo, a dok ne radi, ne može se stroj ni pomaknuti s mjesta. Vibratori pospješuju slijeganje zemlje tako da temelj buduće ceste postane tvrd.

Valjkasti jež s tupim šiljcima koji prodiru do 30 cm u zemlju, mrve grude i pospješuju slijeganje nasipa. Jež se tegli motornim gusjeničarom



Valjkasti ježevi. Da bi se smrvile zemljane grude i pospješilo slijeganje zemljanih nasipa, tegle se gusjeničnim traktorom dva ili tri valjkasta ježa. To su teški čelični valjci s promjerom od oko 1 m na koje je privareno do 100 tupih šiljaka, koji ulaze do 30 cm duboko u zemlju, mrve grude poput drljače i pospješuju slijeganje nasipa.

Gradnja gornjeg sloja ceste. Pošto je temelj dobro uravnan i uvaljan, počinje se graditi gornji ustroj ceste. On se izrađuje na različne načine, prema težini prometnih sredstava koja će voziti cestom, prema vrsti terena i prema klimatskim prilikama. Za laka vozila gornji ustroj se pravi od krupna lomljena kamena okrenuta širom stranom prema dolje. Na nj se namješta najprije sloj od krupna tučenca, a na vrhu zatim sloj od sitna tučenca. Cesta takve gradnje zove se *šoseja* (franc, *chaussée*, č. šosé).

Makadamska cesta gradi se od nekoliko slojeva uvaljana tučenca. Šoseje i makadamske ceste dosta se brzo troše od udaraca kotača i konjskih kopita, sisanja i struganja automobilskih guma, a razara ih i voda. Da se poveća trajnost i ukloni prašina, šoseje i makadamske ceste mogu se natopiti ili politi nekim veznim sredstvom: katranom ili asfaltom uz dodatak sitnog drobljenca, po mogućnosti od tvrdog materijala vulkanskog podrijetla.

Natopljeni sloj ceste izrađuje se tako da se sitan tučenac miješa u bubnju koji se okreće s rastaljenim katranom ili asfaltom, a zatim se razmješta po krupnu tučencu u sloju jednolične debljine i ravne površine. Nakon toga valja se teškim motornim valjkom.

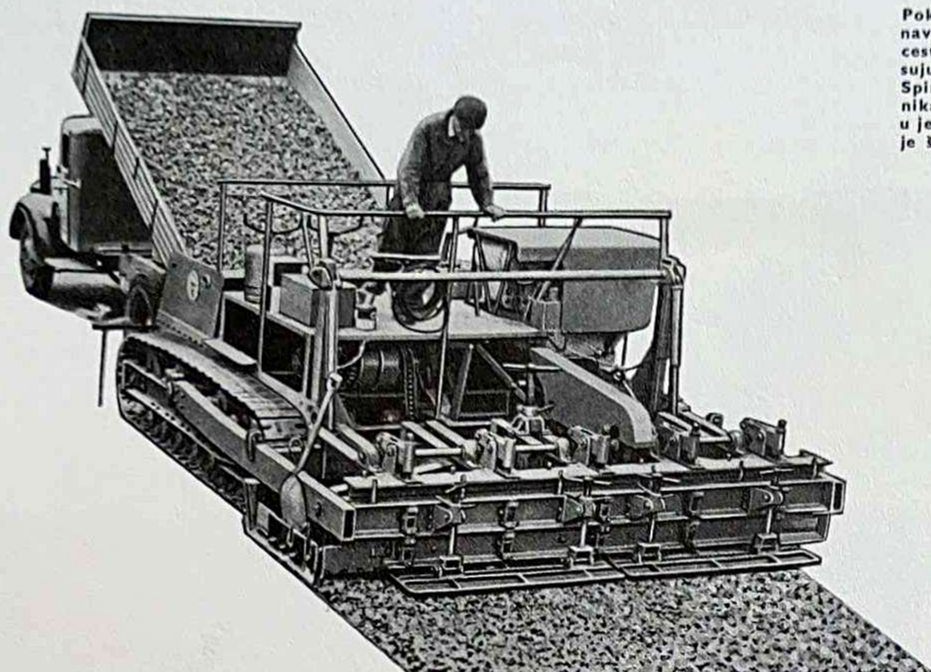
Za promet teških vozila gornji stroj se izrađuje od ljevenog ili nabijenog asfalta, od asfaltne kore na betonskoj podlozi, od kamenog taraca (kocki) od cementnog i asfaltnog betona, od armiranog betona, željeza, gume, drveta itd.

Asfaltirane ceste imaju gornji sloj (koru) od različnih vrsti asfalta, najčešće na betonskoj podlozi. Najstariji je način asfaltiranja *lijevanim asfaltom*, koji se dobiva iz tvornica u pravilnim pogačama. One se na gradilištu ceste tale u kotlovima uz dodatak 30—35% sitna šljunka ili tvrda drobljenca. Vruća smjesa se izlijeva po podlozi, drvenim se glačalima razmješta i poravnava u 2—3 cm debeo sloj.

Za asfaltiranje *nabijenim asfaltom* upotrebljava se posebna vrst mljevena asfalta u prahu sa 8—12% bitumena. Prah se grije na radilištu, istresa se po podlozi i vrućim željeznim *tabačima* utabava. Nakon toga glača se teškim ručnim valjcima da se zatvore pore.

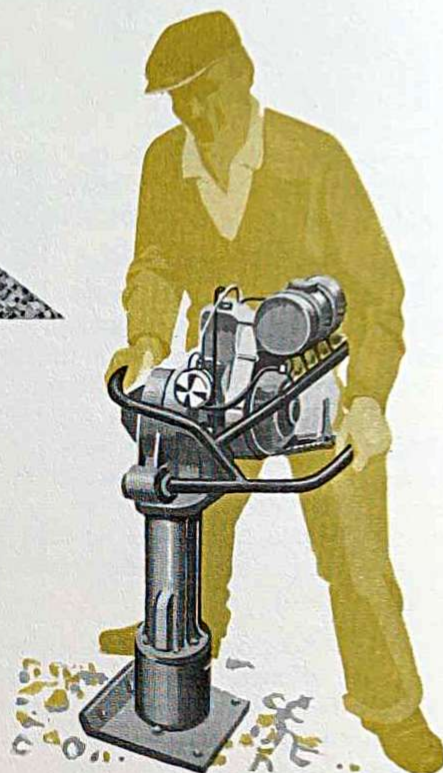


Kombinirano vozilo: buldožer i kopalo rovova. Upotrebljava se za kopanje uskih rovova za kanalizaciju, telef. i telegr. kabele, plinovode i vodovode. Vojnim kopalima izrađuju se rovovi u rovovskom ratu



Pokretni gusjenični stroj za polaganje i uravnavanje betona, asfalta ili asfaltbetona za manje ceste. Materijal za cestu dovoze kamioni i istresuju ga u spremnik na stražnjem dijelu stroja. Spiral. prijenosnici uzimaju materijal iz spremnika, rasprostiru ga po širini i polažu na cestu u jednoličnoj debljini. Poseban uređaj ograničuje širinu i uravnava asfaltnu koru na površini

U nastojanju da se dobije hrapava asfaltna kora na kojoj ne klize gumeni kotači sve se više upotrebljava *asfaltbeton*. To je posebna mješavina asfalta s finim pijeskom i kamenim brašnom. Ona se grije na radilištu, istresa se na podlogu u malim hrpama, rasprostire se drvenim glačalima i odmah valja teškim motornim valjcima. Ako kora treba da bude deblja, asfaltiranom se cestom kreće druga radna grupa koja na isti način polaže drugi sloj asfaltbetona, a prije konačnog valjanja površina gornje kore posipa se kamenim brašnom ili cementom.



Ručni vibrator s benzinskim motorom za nabijanje tla



Makadamski put od lomljenca, krupna i sitna tučenca



Cesta s površinskim slojem od natopljenog sitnog tučenca



Cesta od lomljenca, krupna i sitna tučenca i asfaltbetona

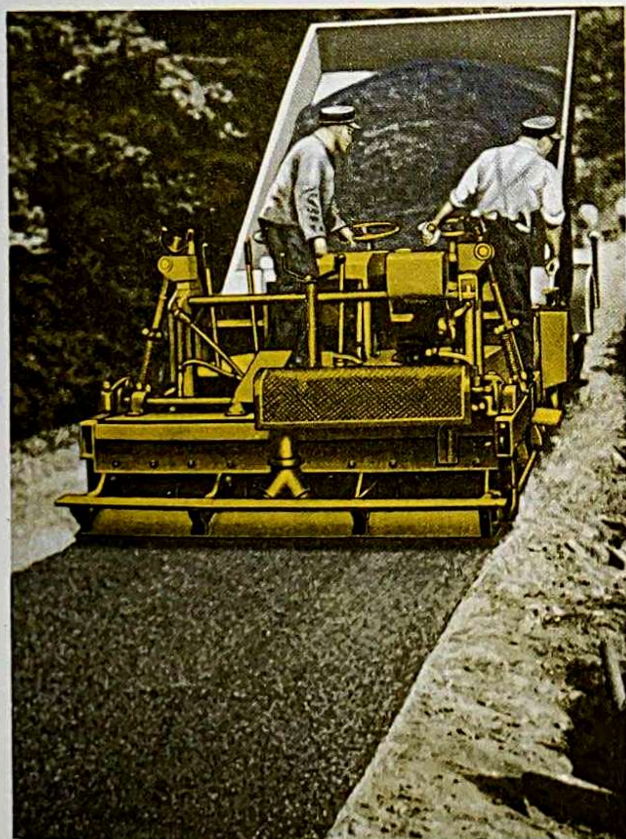
Betonska cesta za najteži promet izgrađena je od jednoga ili dva sloja betona, koji se često i armiraju oblim betonskim željezom. Donji je sloj obično od mršavijeg betona (s manje cementa), a povrh njega se lijeva drugi masniji sloj. Oba sloja, ili samo jedan, mogu se armirati mrežom od betonskog željeza. U gornjem sloju betona ostavljaju se na svakih 8—10 m uski žljebovi kako bi se beton mogao širiti pri porastu temperature. Kasnije se ti žljebovi ispune elastičnim bitumenom.

Tarac od krupnog ili sitnog sječenog kamena (kocki) vulkanskog podrijetla (granita, bazalta, porfira, diorita, sijenita i dr.) postavlja se na sloj od pijeska u ravnim, kosim (zik-zak) ili lučnim redovima. Naslagane kocke uravnavaju se drvenim maljevima, zatim se žicom očiste žljebovi i zaliju katranom. Tarac od sitnih kocaka

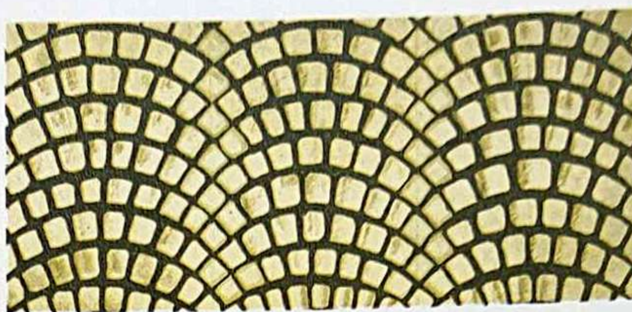
uveo je engleski inženjer *Gravenhorst* (Grevnhorst) 1885. Kocke se slažu u uzdužnim redovima, u obliku lukova. Prednost je takva slaganja da se kocke različne veličine mogu lakše uravnavati, a sastavci nisu poprečni, nego kosi, pa kola ne udaraju ravno i istodobno u njih, nego koso i postupno.

Gumene ceste. Na ulice i ceste oko bolnica, škola i nekih znanstvenih ustanova polaže se na betonskoj podlozi ponegdje i tarac od gumenih kocaka koje su duge 20 cm, a široke i visoke 10 cm. Spojevi se zaliju posebnom umjetnom smolom. Takve su ceste elastične, ne prenose udarce i podrhtavanja tla na susjedne zgrade, a vozila se kreću po njima nečujno.

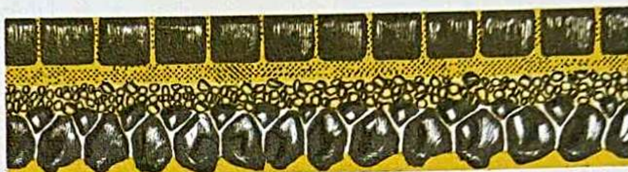
Ceste od drvenih kladica. Donedavno se u nekim gradovima namještao i tarac od drvenih oštro odrezanih kladica koje su bile duge 12—25 cm, široke 8 cm i visoke 10—13 cm. Kladice se polažu na betonsku podlogu koja se prije toga premaže cementnim mlijekom. U uzdužne žljebove (fuge) umeću se 25 mm visoke letvice, a iznad njih se ulijeva rastaljen bitumen. Kladice se ne polažu posve do rubnog kamenja, nego se uz rub ceste ostavlja žlijeb širok 4—5 cm koji se ispuni asfaltom tako da se kladice mogu širiti kad se smoče.



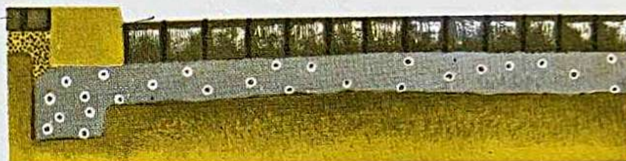
Stroj za polaganje natopljenog sloja na makadamsku cestu



Granitne kocke u valovitim redovima na pješčanom dnu



Cesta od lomljenca, tučenca i granitnih kocaka u pijesku



Betonska cesta s gumenim kockama i drveni rubnjaci

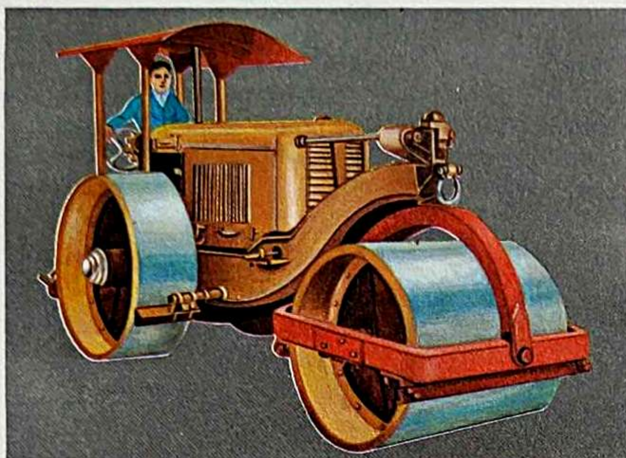


Cesta s podlogom od betona i korom od dva asfalta



Cesta s armirano-betonskom podlogom i korom od betona

Ceste od željeznih rešetki izrađuju se od štapova plošnog željeza koji su svijeni u obliku uglata slova S. Oni se polažu koso u redovima tako da je čitav kolnik išaran zik-zakom. Štapovi se međusobno spajaju svojim rebrima, a sa željeznom armaturom betonske podloge mjestimično se privaruju. Spojevi između štapova zaliju se mješavinom asfalta i sitna drobljenca. Ovakvim se tarcom pokrivaju samo kratki kolnici na aerodromima, na željezničkim visokim peronima, morskim i riječnim pristanima gdje se prekrcavaju kontejneri i teški strojevi. Upotrebljavaju se i u tvorničkim halama i dvorištima.



Dizel-motorni valjak za uvaljavanje zemljane podloge, tučenca i asfaltnog sloja. Strojem se upravlja skretanjem samo prednjeg valjka

Stroj za izradbu tučenca montiran je na čeličnim širokim kotačima, ili je na jakom željeznom podnožju koje se prenosi dizalicom do mjesta gdje se lomi kamenje uz cestu. Stroj je sastavljen od jakog dizel-motora, teškog zamašnjaka, od nekoliko prenosnih osovina, jedne jake tlačne osovine koja pomiče udarnu ploču, od jedne nepomične ploče (nakovnja) i jakih čeličnih pera. Lomljeno kamenje ubacuje se u stroj između nakovnja i udarne ploče. Udarna ploča udara i gnječi kamenje sve dok se ono ne raspadne u krupan ili sitan tučenac. Čelična pera daju udarnoj ploči elastičnost. Posebnim vijcima podešava se razmak između udarne ploče i nakovnja, a time se podešava i veličina tučenca. Zdrobljeno kamenje pada ispod sanduka u kojemu se usitnjava, prolazi kroz okretljivo sito s različnom veličinom rupa i tako se sortira prema veličini.

Stroj za izradbu drobljenca (*drobilica*) redovno ima kotače kako bi se mogao prevoziti. Sastavljen je od dizel-motora i velikog okretljivog čeličnog bubnja u kojemu je smješteno nekoliko nepomičnih željeznih prečaga. Sitan vulkanski kamen ubacuje se u bubanj do određene visine i zatvori poklopcem. Tada se uputi motor što okreće bubanj zajedno s kamenjem, koje se drobi na nepomičnim prečagama i zaobljava na unutrašnjoj površini bubnja. Pošto je kamen zdrobljen i zaobljen u kuglasta zrna željene veličine, bubanj se zaustavlja, iskrene se, i drobljenac ispada kroz sita koja ga sortiraju po veličini.

Radni strojevi za gradnju gornjeg ustroja ceste. Za radove na cestama svih vrsti najpotrebniji su valjci kojima se mora uvaljivati temelj ceste i slojevi povrh njega. Donedavna su se upotrebljavali parni valjci. Oni nisu pogodni jer za njih treba dovoziti ugljen ili drvo i vodu, a i vatra u ložištu mora se potpaljivati mnogo prije početka rada. Zato su parni valjci zamijenjeni motornima koji imaju jaču pogonsku snagu i u svakom su trenutku spremni za rad.

GRADNJA CESTE OD ARMIRANOG BETONA I DVA SLOJA ASFALTA

Donji utabani ustroj puta s graničnicima od čeličnih tračnica

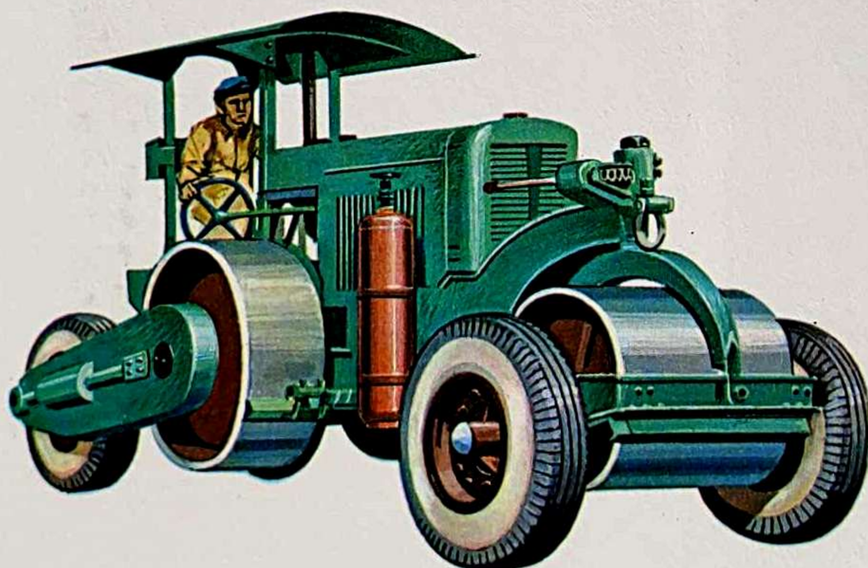
Polaganje plastičnih letvica za žljebove u gornjem ustroju puta

Stroj za polaganje, rasprostiranje i uravnavanje prvog sloja betona

Polaganje mreže od betonskog čelika za armiranje betonskog sloja

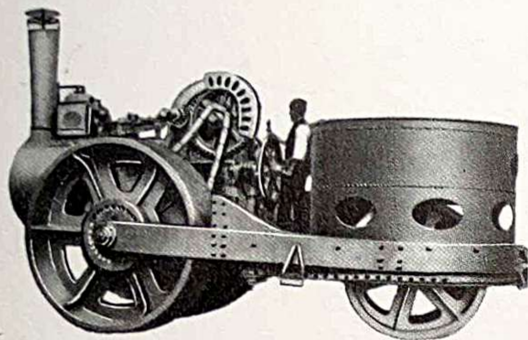
Polaganje i izravnavanje drugog sloja betona

Polaganje i uravnavanje asfaltne kore na cesti



Valjak koji se može podići na gumene kotače i premještati brzinom od oko 35 km na sat

Motorni valjci imaju za pogon dizel-motore, a za valjanje tla tri vodoravna željezna valjka. Prednji je valjak širok i upravljiv, pa se volanom može skretati lijevo i desno, a stražnja dva valjka su uža, namještena desno i lijevo od motora i ne mogu se skretati; oni tjeraju čitavo vozilo naprijed ili natrag.



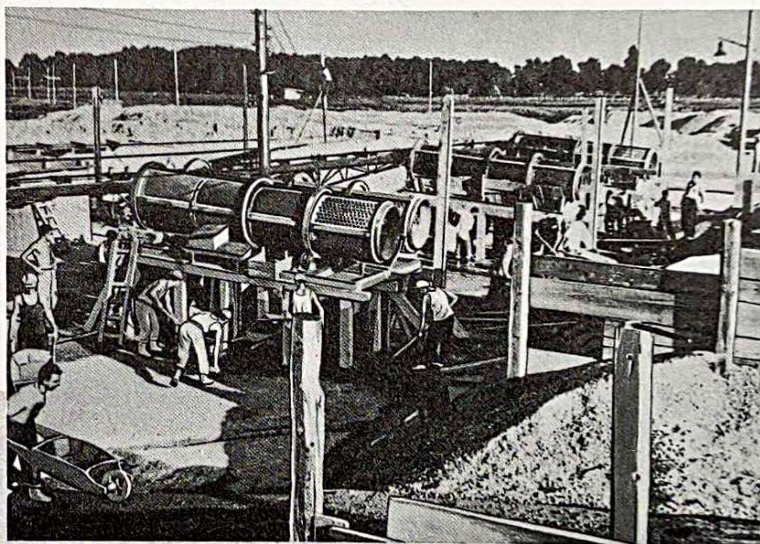
Prvi parni valjak iz 1867. Posuda iznad stražnjeg kotača punila se pijeskom prije početka valjanja

Desno: kamenolom sa strojem za drobljenje kamena i za sortiranje drobljenca uz cestu

Motorni valjci dijele se prema težini na lake, srednje i teške. Težina im se kreće od 2 do 40 tona.

Za betoniranje i asfaltiranje gornjeg ustroja auto-putova upotrebljavaju se posebni strojevi koji se kreću po tračnicama što se polažu privremeno s desne i lijeve strane budućeg kolnika, a kako se kreću po kolosijeku, održavaju se uvijek na jednakoj visini.

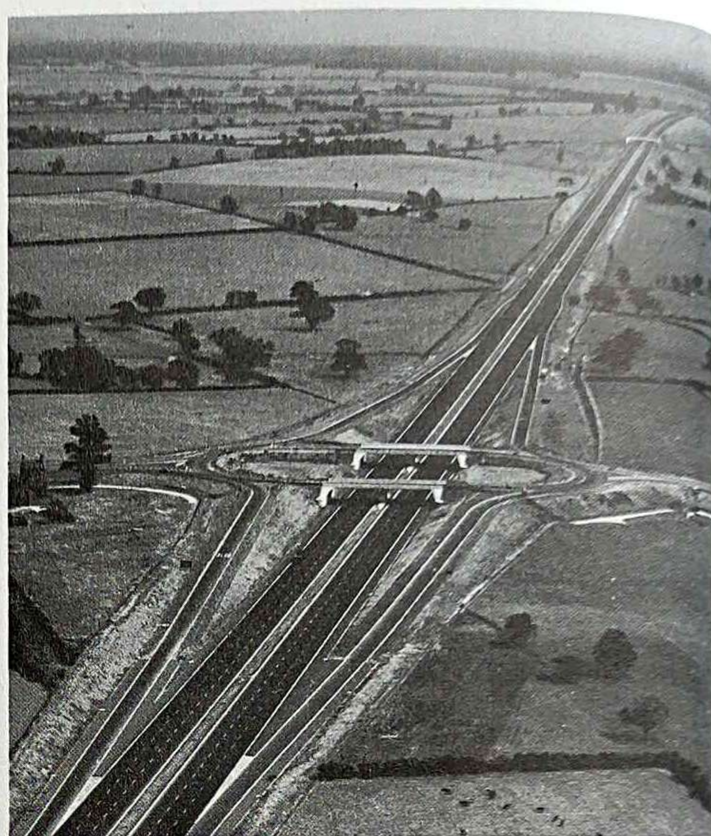
Stroj za betoniranje kolnika. U velike rezervoare stroja ubacuje se pomoćnim transporterom iz posebnih kamiona šljunak, iz cementnog tank-kamiona tjera se kroz jednu cijev stlačenim zrakom cement, a iz kamiona cisterne drugom cijevi voda. Iz rezervoara se ispušta u mješalice (bubnjeve koji se okreću) šljunak, cement i voda u određenim omjerima, a kad je betonska smjesa dobro izmiješana, istresa se na razvodnik.



Šljunak, cement i vodu razvodnik raspoređuje i pravilno istresa duž cijele širine kolnika u jednoliko debelom sloju. Stroj se pri tom polagano kreće po kolosijeku, a vodoravna gumena traka koja se neprekidno pomiče, uravnava i gladi površinu betona. Iza stroja ostaje dobro izmiješana, pravilno namočena i izglađena betonska podloga koja treba još samo da se stvrdne. Na mjestima gdje moraju ostati žljebovi (fuge), umeću se drvene letvice ovijene papirom, koje se kasnije izvade, ili se kasnije fuge urezuju osobitom pilom.

Strojevi za asfaltiranje. I ovi se strojevi kreću privremenim kolosijekom. Oni tale i miješaju asfalt, istresaju ga jednolično po cijeloj širini kolosijeka, a kako se jednolično pomiču, tabaju ga i uravnavaju. Iza stroja uvaljavaju asfaltnu koru još samo dizel-motorni valjci.

Stroj za urezivanje žljebova (fuga) u betonu je malo motorno vozilo na četiri kotačića. Sprijeda je na preklopnoj poluzi pokazivač pravca, a iza njega je okrugla (cirkularna) pila od karborunduma koja reže žljebove (fuge) u djelomično osušenu betonu. Vozač upravlja vozilom tako da se šiljak pokazivača pravca kreće po nacrtanoj crti. Budući da je beton vrlo tvrd, pila se brzo istupi, pa se mora mijenjati poslije urezivanja 200 m žlijeba.



Križanje ceste s dvotražnim auto-putem, modernom raskrsnicom u obliku elipse. Raskrsnica je izgrađena u dvije razine sa spojnim cestama za prelazak s donjeg auto-puta na gornju elipsu, i obratno

Uređenje cesta. Pošto se dovrše kolnici na cesti, treba obaviti još mnogo radova. Ponajprije treba zaštititi rubove jer tu se cesta najbrže kvari. U gradskim ulicama postavljaju se rubnjaci (rubno kamenje), iza kojih je povišen pločnik (trotoar). Na cestama izvan naselja izrađuju se s obje strane ceste *rubne trake*, a ponegdje i *staze za bicikliste*. Rubna traka jednako je građena kao i kolnik, samo je redovito druge boje da je vozač bolje vidi, a svrha joj je da štiti kolnik. Ako se ona ošteti, lakše se može popraviti jer obično nije šira od 1 m. Biciklistička staza gradi se samo na lokalnim cestama, i to redovito izvan rubne trake, ali se na pravim auto-putovima za brzu vožnju ne izgrađuje jer je biciklistima ondje vožnja zabranjena.

Na modernim auto-putovima sa dva kolnika izgrađena je sa svake strane zemljana staza (banketa), široka barem 2 m tako da se vozila u slučaju iznenadnog kvara mogu posve ukloniti s kolnika. Između kolnika pruža se tzv. srednja zemljana (zelena) traka, široka najmanje 1,5 m. Na njoj je zasađeno grmlje i grmoliko drveće kako bi se stvorio prirodni zastor da u noći vozila koja voze jednim smjerom ne zasljepljuju oči vozačima koji voze drugim smjerom. Da se izbjegne noćno zasljepljivanje, auto-putovi, osobito oni bez srednje zelene trake, ne idu ni u ravnici u ravnom pravcu duže od 2—3 km, već malo vijugaju.



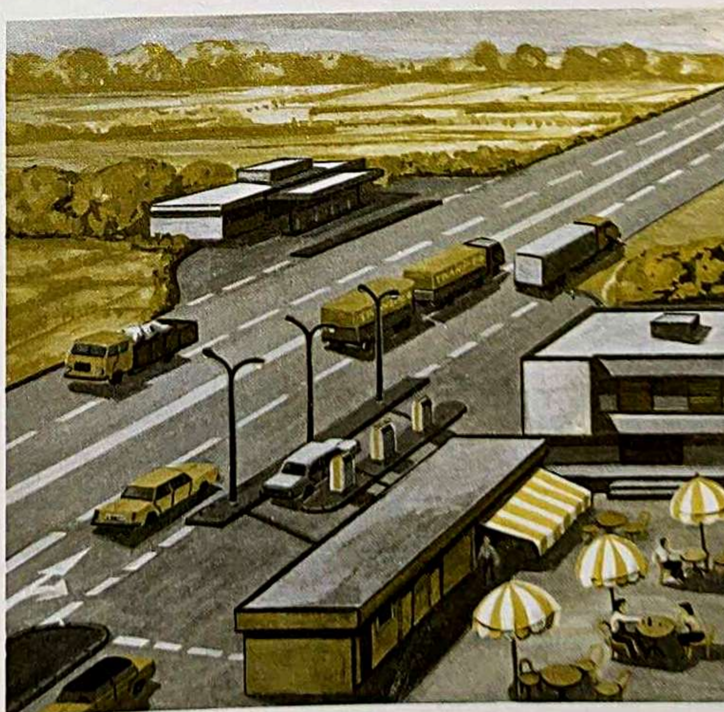
Dugokraki bager lopatar okretljiv je i lako pokretan na gusjenicama

Ako za svaki smjer vožnje ima više kolnika, oni najbliži srednjoj traci namijenjeni su nabržoj vožnji, a oni uz desnu traku najsporijoj vožnji. Kad postoji samo jedan kolnik za vožnju u oba smjera, po njegovoj sredini teče bijela puna ili isprekidana crta. Na takvoj cesti svako se vozilo mora kretati uz desni rub ceste, a vozila ispred sebe prestizava prelazeći na lijevu polovicu ceste, i to samo onda ako ne dolazi iz protivnog smjera drugo koje vozilo i ako je na sredini ceste bijela crta isprekidana. Takva isprekidana bijela crta znači da je na tom dijelu ceste dobra preglednost i da je tu prestizavanje dopušteno. Na mjestima gdje je usred ceste ucrtana puna bijela crta, prelaženje je na drugu stranu zabranjeno jer je cesta nepregledna, ili se na takvim dijelovima kolnika nalazi neka druga opasnost.

Kad su duž sredine ceste ucrtane dvije usporedne bijele pruge, od kojih je jedna puna, a druga isprekidana, to znači da vozilo na strani isprekidane pruge ima bolju preglednost te može prijeći na drugi kolnik zbog prestizavanja, a vozilo koje vozi onom stranom ceste gdje je crta puna ne smije izići iz svoga kolnika jer je s te strane preglednost na cesti slaba.



Vodoravna signalizacija na cesti. Puna bijela crta, duž sredine kolnika zabranjuje prijelaz s jedne strane ceste na drugu, dakle, zabranjuje pretjecanje vozila. Isprekidana crta dopušta pretjecanje ako u susret ne dolaze druga vozila. Na 1. skici autobus ne smije pretjecati jer cesta nije pregledna, osobni automobil može pretjecati, ako mu u susret ne dolaze druga vozila. Na 2. je skici pretjecanje zabranjeno, a na 3. skici je dopušteno za obje strane. 4. skica prikazuje parkirališta ili autobusne postaje. Puna crta zabranjuje prelaženje



Benzinske postaje i stariji način smještaja motela uz cestu. Sada se motel povezuje s obje trake mostom ili tunelom

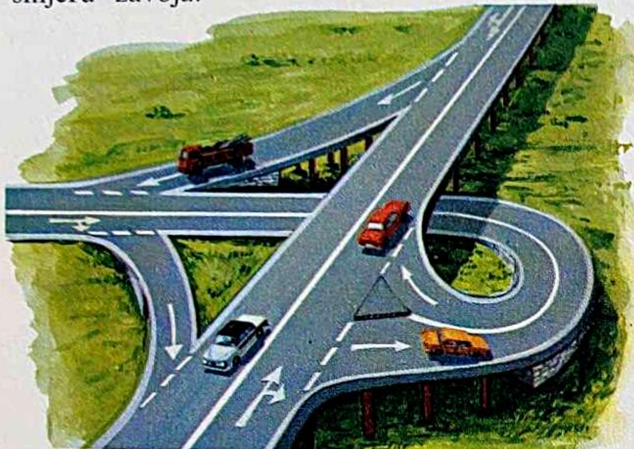
Rubovi cesta označeni su bijelim kamenim stupićima. Da se stupić u magli bolje istakne, obojen je po sredini crnom vodoravnom prugom. Rubovi auto-putova označuju se kamenim ili željeznim stupićima, a da bi se u noći razabirali iz veće daljine, na njima su s jedne strane mala crvena zrcala, a s druge strane bijela zrcala ili pločice premazane osobitom bojom koja odrazuje svjetlost automobilskih reflektora. Svaki se takav kamen ili željezni stupić noću doimlje kao da u njemu gori bijela ili crvena žaruljica. Ali ako vozač u automobilu samo za tren ugasi reflektor, ugasi se i sva ona slikovita rasvjeta na auto-cesti koja vozaču pruža osjećaj sigurnosti i rastjeruje mu težak dojam tame, pustoši i osamljenosti.

Zbog veće sigurnosti vožnje noću umeću se u asfalt duž srednje crte na oštrim zavojima, na mostovima, suženim usjecima i drugdje gdje je to potrebno tzv. *mačje oči.* To su mala zrcala smještena u željeznu okućju i zaštićena čeličnim obručem da ih automobili ne zgnječe ako prijeđu preko njih. Zrcala odrazuju bijelu svjetlost automobilskih reflektora i pokazuju sredinu auto-puta. Takva je oznaka veoma korisna, osobito kad se noću sretnu vozila koja voze u suprotnom smjeru, pa njihovi reflektori zasljepljuju oči. U tom slučaju s pomoću mačjih očiju vozač može sigurnije kontrolirati da nije prešao ulijevo na kolnik za vožnju u protivnom smjeru. Nedostatak je mačjih očiju da ih i posve nizak snijeg brzo prekrije.

Na veoma opasnim zavojima, na vijaduktima, nasipima i mostovima i na mjestima gdje je iza ruba ceste duboka strmina grade se uz rub kolnika kamene ili čelične ograde, a ponegdje i

čvrsti zidovi koji moraju biti dovoljno visoki da posluže i kao vjetrobrani ako na tim mjestima puše u mahovima žestok vjetar.

Cesta koja na nekom mjestu skreće veoma oštrim zavojem, što se ne zamjećuje iz veće daljine, ograđuje se zidom išaranim crno-bijelim prugama koje su izlomljene udesno ili ulijevo. Time se vozač upozorava na opasnost, a ujedno mu se i pokazuje na koju stranu cesta naglo skreće jer su šiljci obojenih pruga okrenuti u smjeru zavoja.



Odvojak k jednom bočnom putu s podvožnjakom i spojnicama

Moderni se auto-putovi grade tako da ih nijedna druga staza ni cesta ne siječe u istoj ravnini. Pješačke staze prelaze preko auto-puta mostićima za pješake ili prolazima ispod auto-puta.

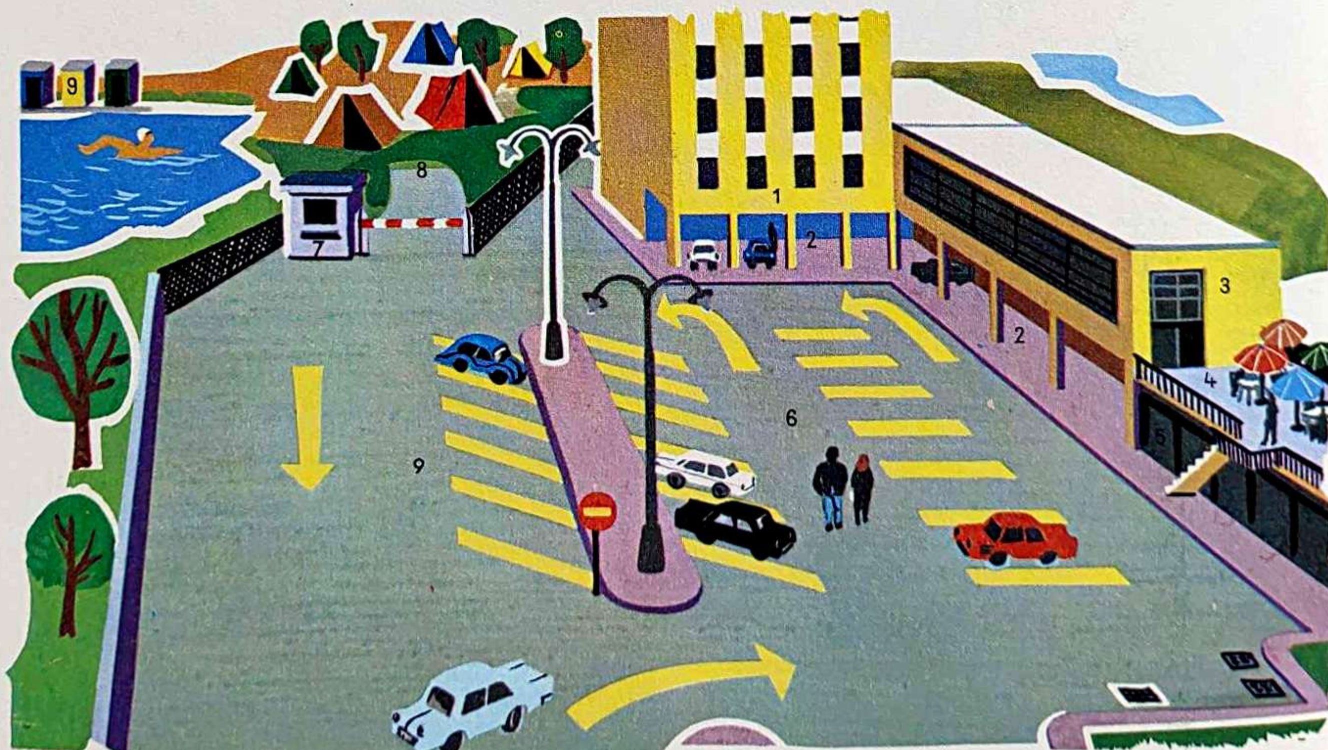
Druge ceste prolaze ispod auto-puta podvožnjacima ili nadvožnjacima.

Od auto-putova odvajaju se drugi putovi, ali se na njih može skrenuti vozeći samo udesno. Ako se mora poći ulijevo, treba skrenuti posebnim odvojkom najprije udesno pa tek ispod ili iznad auto-puta ulijevo. Od takvih odvojaka koji vode s jednog auto-puta na drugi kod raskrsnica nastaju tzv. *četverolisne djeteline*. Vozeći po desnim rubovima pojedinih kružnih »listova«, vozila mogu prijeći s jednog auto-puta na drugi a da nigdje ne izlaze s desnog kolnika na lijevi. Na takvim raskrsnicama mogu se graditi i drugačiji odvojci: u krugu, elipsi i drugim likovima. Kod takvih su prilaza usponi s donje ceste na gornju zbog kraćih odvojaka strmiji i nepregledniji.

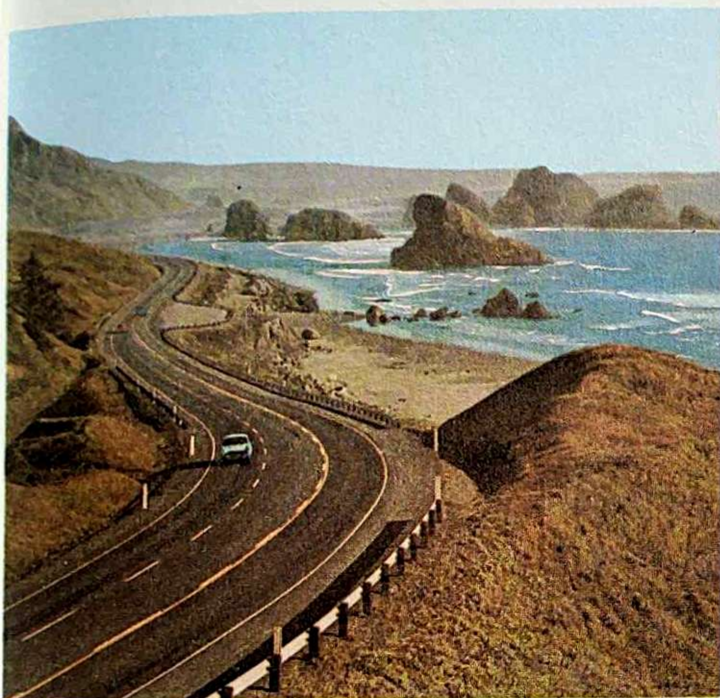
Parkirališta za odmor vozača, za pregled i sitne popravke vozila grade se uz cestu na razmacima od nekoliko kilometara pa i gušće. Uređuju se pokraj raskrsnica i na mjestima gdje je lijep pogled na okolicu. Na auto-putovima parkirališta teku u dužini od 100 do 300 m uz jedan rub ceste za jedan kolnik, a uz drugi rub za drugi kolnik. Parkiralište je odijeljeno od auto-puta obično zelenom trakom. Ponegdje su na parkiralištima telefonske kabine, nužnici, klupe za odmor i dr.

Odvojci s parkiralištem grade se i ispred benzinskih postaja, motela, izvora pitke vode itd.

Pumpne postaje za gorivo grade se duž auto-putova na razmacima od najviše 50 km, ali su obično raspoređene i gušće. To su male postaje s podzemnim tankovima za 2—3 vrsti benzina, za plinsko ulje dizel-motora i drugo gorivo.



Motel Zagreb: 1. hotel, 2. garaže, 3. restauracija, 4. terasa, 5. garaže, 6. parkiralište, 7. čuvar kampa, 8. kamp, 9. kupalište Bundek



Panamerički auto-put na granici između SAD i Meksika

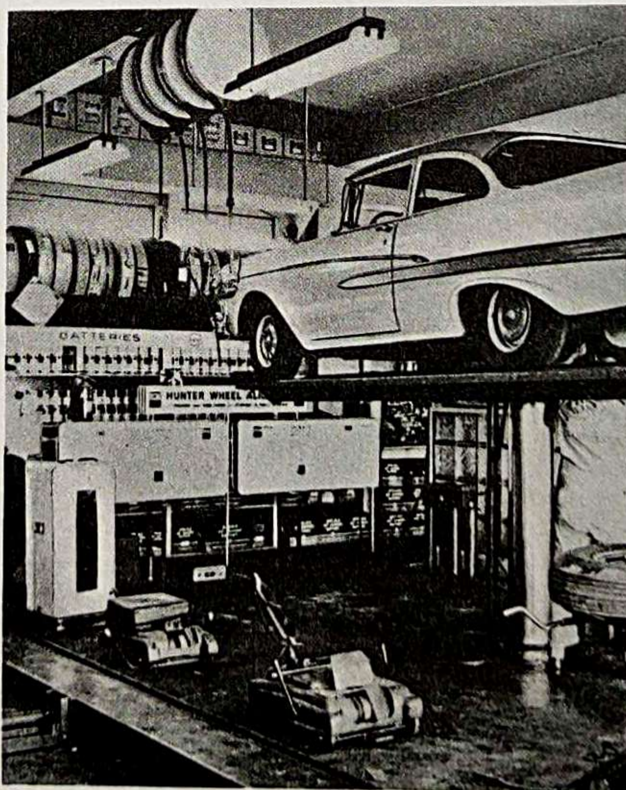
Za svaku vrstu goriva postoji mala pumpa, koja na električni ili rezervni ručni pogon usisava gorivo iz podzemnog tanka i ulijeva ga u spremnik automobila. Pumpa je smještena u čeličnu ormariću, na kojemu obično piše vrst goriva, a u njegovoj je glavi brojač koji pokazuje koliko je litara goriva isteklo iz sisaljke. U postajama su još kompresor sa spremištem za stlačen zrak kojim se pune automobilske gume i vodovod s gumenom cijevi za punjenje hladnjaka u motorima. Kućica je obično uređena kao prodavaonica različnih mazivih ulja, ulja za kočnice, destilirane vode za akumulatore, masti za podmazivanje, žarulja za reflektore, dijelova za male popravke, za vulkaniziranje guma itd. Uz veće postaje nalaze se restauracije, umivaonici, tuševi, nužnici, a ponegdje i male mehaničke radionice.

Servisne postaje su mehaničarsko-električarske radionice koje otklanjaju manje kvarove na motornim vozilima svih vrsti i tipova, podmazuju vozila, peru ih, vulkaniziraju gume i vrše druge manje radove. One se najčešće grade uz velike raskrsnice, a obično su uz njih i pumpne stanice za gorivo.

Moteli su hoteli za vozače i parkirališta s nekoliko garaža za vozila. Grade se uz auto-putove da turisti ne moraju ulaziti u gradove i naselja i tražiti konačišta, gostionice i radionice za popravke, koje su izvan radnog vremena obično i zatvorene. Položaj motela obično se bira uz morske uvale, obale jezera, uz šume ili na lijepim vidikovcima, gdje se turisti mogu odmoriti i pozabaviti. Uz motele su obično male radionice za popravke vozila i guma.

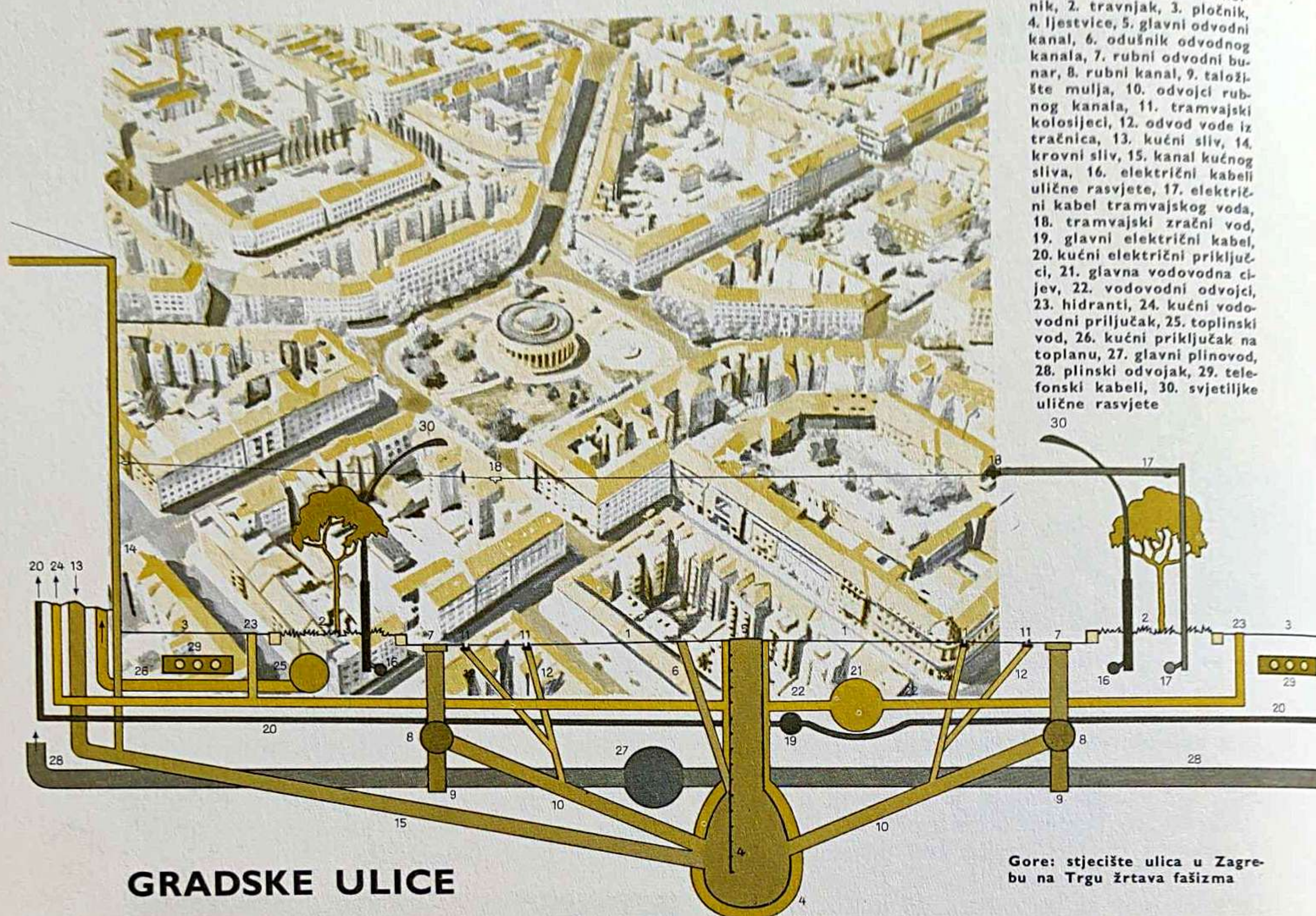
Servisne patrole. Tvornice automobila, velike trgovačke kuće za prodaju vozila, tvornički servisi ili auto-moto društva imaju posebne automobile u kojima je smještena mala radionica te skladište rezervnih dijelova i automobilske opreme, a što je najvažnije, njih vozi iskusan auto-mehaničar, koji može izvršiti manje popravke na cesti i dati vozačima korisne savjete. Takva vozila patroliraju onim odsjecima auto-putova gdje nema u blizini servisnih postaja ni prodavaonica potrebnih dijelova i opreme.

Tvornički servisi su velike i moderno uređene radionice s mehaničarskim, električarskim, ličilačkim, lakirerskim, tapetarskim i vulkanizacijskim odjelima; opremljene su modernim spravama za ispitivanje motora, kotača, električne opreme, kočnica i drugih automobilskih uređaja. Imaju i bogata skladišta rezervnih dijelova. Takvi servisi vrše najveće popravke oštećenih vozila, generalne popravke motora i električne opreme jer imaju sve dijelove za vozila izrađena u tvornici kojoj servis pripada. Servisi su u uskoj poslovnoj vezi s tvornicom automobila, pa svojim iskustvima koja stiču kod popravaka daju tvornicama savjete za preinake i poboljšanja na novim tipovima automobila. Kod nas takve servise imaju u velikim gradovima naše tvornice *Zastava* iz Kragujevca, *TAM* iz Maribora, *FAP* iz Priboja, *Tomos* iz Kopra, *Torpedo* iz Rijeke, ali i neke velike inozemne tvornice: *Volkswagen*, *Mercedes*, *Opel*, *Renault* i dr.



UNUTRAŠNJOST SERVISNE RADIONICE

Dizalo za pregled, podmazivanje i popravak donjeg automobilskog stroja



Presjek gradske ulice: 1. kolnik, 2. travnjak, 3. pločnik, 4. ljestvice, 5. glavni odvodni kanal, 6. odušnik odvodnog kanala, 7. rubni odvodni bunar, 8. rubni kanal, 9. taložište mulja, 10. odvojci rubnog kanala, 11. tramvajski kolosijeci, 12. odvod vode iz tračnica, 13. kućni sliv, 14. krovni sliv, 15. kanal kućnog sliva, 16. električni kabeli ulične rasvjete, 17. električni kabel tramvajskog voda, 18. tramvajski zračni vod, 19. glavni električni kabel, 20. kućni električni priključci, 21. glavna vodovodna cijev, 22. vodovodni odvojci, 23. hidranti, 24. kućni vodovodni priljučak, 25. toplinski vod, 26. kućni priključak na toplanu, 27. glavni plinovod, 28. plinski odvojak, 29. telefonski kabeli, 30. svjetiljke ulične rasvjete

Gore: stjecište ulica u Zagrebu na Trgu žrtava fašizma

GRADSKE ULICE

Najskuplje su prometne žile svakako ulice u velikim gradovima zbog toga što je na njima najgušći promet vozila i pješaka u svim smjerovima. Po njima se nad zemljom i ispod zemlje kreću vozila različnih vrsti, pa se pri gradnji kolnika moraju sjeći drugi putovi, tramvajske pruge, a pri prokopavanju tunela za podzemne dijelove ceste nailazi se na stotine različnih prepreka. Gradske ulice moraju biti osvijetljene, a ulična rasvjeta zahtijeva gustu mrežu podzemnih električnih kabela i nadzemnu električnu mrežu sa stupovima i električnim svjetiljkama. Osim rasvjetne mreže, povrh ulica su razapeti vodovi za tramvaje i trolejbuse. U kolnicima su tračnice za tramvaje i ponegdje za željeznicu. Sve to veoma poskupljuje gradnju novih ulica i popravke starih, a kad se tome pribroje i troškovi za gradnju podzemnih prometnih žila i instalacija, oni toliko narastu da ih i bogati gradovi jedva mogu namiriti.

Pod zemljom su u gradskim ulicama cijevi za vodu, za plin, paru za grijanje, pneumatsku poštu itd. Tu su cijevi za telefonske, telegrafske, vatrogasne i električne kabele. Ispod njih su odvodni kanali i veliki kolektori što skupljaju otpadne vode. Još dublje ispod zemlje prorovani su tuneli za podzemnu željeznicu i njezini kolodvori. U velegradovima su pod zemljom još i tuneli za poštanske i teretne podzemne željeznice, a u nekima i osobiti podzemni plovni kanali (kanalski tuneli) za razvažanje robe teglenicama do robnih kuća u središtu grada.

Organizacija prometa u ulicama. Međugradski, osobito teški teretni promet danas se više ne propušta kroz gradove, nego se odvodi obilaznim auto-putem oko grada i bližih predgrađa. Ona vozila koja prolaze kroz grad propuštaju se glavnim ulicama, kojima se daje prednost na raskrsnicama. Prednost se daje i glavnim prometnim žilama koje vode iz središta u velika predgrađa i u druga veća središta. Na važnijim raskršćima i gdje glavne ulice mijenjaju smjer postavljaju se putokazi koji su u noći rasvijetljeni jer automobili u gradu ne smiju paliti velike reflektore kojima bi putokaze osvjetljavali.

Na svim raskršćima postavljeni su saobraćajni znakovi (v.) što pokazuju koja ulica ima prednost u prometu, u koju se ulicu ne smije ući, kojim smjerom treba skretati, gdje se mogu a gdje se ne smije zaustavljati i parkirati vozila itd.

Na raskršćima sa živim prometom postavljaju se svjetlosni signali (semafori) za vozila i za pješake. Svaki od tih semafora ima tri svjetiljke: crvenu, žutu i zelenu, koje su zaslonjene polukružnim zaslonima da se sunčana svjetlost ne odrazuje na njihovim staklima. Crveno svjetlo znači da je prolazak zabranjen. Žuto svjetlo znači da ona vozila koja su već ušla u raskršće mogu nastaviti put, ali druga još ne smiju krenuti. Zeleno svjetlo znači da je prolazak slobodan. Semafori su postavljeni uvijek na desnoj strani ulice.

U nekim ulicama kroz koje prolazi brz tranzitni promet motornih vozila, uređuje se tzv. *zeleni val*. Tako uređena ulica ima od početka do kraja na svakom raskršću trobojne semafore. Svi su semafori međusobno električki povezani, a vozila se kroz ulicu moraju kretati određenom brzinom, obično oko 50 km na sat.

Automobil ulazi u ulicu koja je elektronski opremljena »zelenim valom« kad se na ulaznom semaforu upali zeleno svjetlo i kreće se stalnom brzinom od oko 50 km na sat. Na idućoj, drugoj, raskrsnici u tom trenutku još gori crveno svjetlo, ali poslije određenog vremena upali se najprije žuto, a zatim zeleno svjetlo na vrijeme tako, da automobil može proći kroz drugu raskrsnicu a da ne mora smanjivati brzinu. U tom trenutku gori na trećoj raskrsnici još crveno svjetlo, ali se i na trećem semaforu na vrijeme upali najprije žuto i zatim zeleno svjetlo tako da automobil ni pred trećom raskrsnicom ne smanjuje brzinu. Tako se ispred vozila pale redom i na vrijeme žuta i zelena svjetla na svim raskrsnicama i automobil se može kretati nesmetano brzinom od 50 km na sat od početka do kraja ulice.

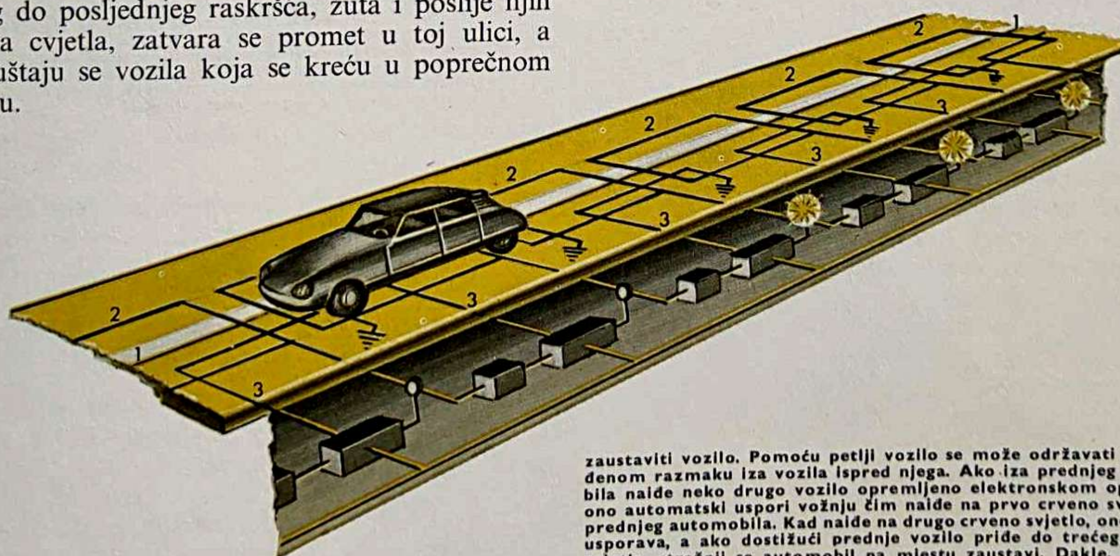
Poslije određenog vremena, tj. kad prođe ograničeno duga kolona automobila, pale se opet redom i postepeno na semaforima, od prvog do posljednjeg raskršća, žuta i poslije njih crvena cvjetla, zatvara se promet u toj ulici, a propuštaju se vozila koja se kreću u poprečnom smjeru.

Na cestama izvan naselja auto-put ima prednost pred sporednim cestama, a na desnoj strani svake ceste koja siječe auto-put uvijek je i saobraćajni znak koji opominje vozača da auto-put ili glavna cesta kojoj on prilazi ima prednost.

Na ulicama, cestama i auto-putovima ima i drugih saobraćajnih znakova, koji su u svim zemljama jednaki jer su sastavljeni na temelju međunarodnih sporazuma (v. tablicu u 1. knjizi).

Auto-putovi budućnosti. Unatoč uređajima, oznakama i saobraćajnim znakovima ni najnoviji auto-putovi još ne pružaju onu sigurnost koja je dostignuta na najmodernijim željezničkim prugama. Elektronski uređaji automatski zaustavljaju vlak ako strojovođa ne zamijeti zatvoreni signal ili ako zaspi. Na auto-putovima nema nikakvih mogućnosti da se zaustavi vozilo s pijanim ili usnulim vozačem. Možda ipak neće proći mnogo godina pa će i na auto-putovima biti uređaja koji će pružati punu sigurnost, a i automobili će imati elektronsku opremu koja će opominjati vozača, ili koja će posve upravljati vozilom bez pomoći, pa i protiv volje nesavjesnog vozača.

Elektronska traka. Već mnoge tvornice automobila i elektronske opreme u svijetu izrađuju pokusne uređaje i iskušavaju ih na posebnim cestama kojima voze automobili bez vozača.



Dio pokusnog elektronskog auto-puta. U asfaltnoj kori puta su: 1. glavni uzdužni kabel vodič, 2. pravokutne petlje električnih vodova, koje su duge otprilike kao jedan osobni automobil, 3. niz električnih strujnih krugova s detektorima i kontrolnicima duž ruba auto-puta. Svaki je krug povezan sa susjednom petljom. Svaki automobil mora imati sprijeda dvije zavojnice, desno i lijevo od sredine. Dok je vozilo točno u sredini puta, u njima se pobuđuje električna struja jednake jakosti. Kad vozilo skrene udesno ili ulijevo promijeni se jakost inducirane struje u zavojnicama. Zavojnica u kojoj je struja jača, skrene automobil tako da se vrati na sredinu puta. Kad automobil pređe preko ukopane petlje, aktivira se jedan električni signal, koji se može upotrijebiti za različne sigurnosne svrhe, a može i zaustaviti vozilo. Pomoću petiji vozilo se može održavati na određenom razmaku iza vozila ispred njega. Ako iza prednjeg automobila naiđe neko drugo vozilo opremljeno elektronskom opremom, ono automatski uspori vožnju čim naiđe na prvo crveno svjetlo iza prednjeg automobila. Kad naiđe na drugo crveno svjetlo, ono još više usporava, a ako dostižući prednje vozilo priđe do trećeg crvenog svjetla, stražnji se automobil na mjestu zaustavi. Dakle, jedan se automobil bez vozača štiti od drugoga crvenim svjetiljkama na rubu ceste, koje pali i gasi iza sebe. Izdaleka se doimlje kao da svako vozilo vuče iza sebe crveni rep. Što je automobil brži crveni je rep to dulji

Takvih uređaja ima više vrsti i u više različnih stupnjeva automatizacije. Dosad je najviši stupanj dostiglo američko društvo *Radio Corporation of America* (Rejdio korporejšn ov Emerika). Ono iskušava vozila na cesti s *kabelom vodičem* (*elektronskom trakom*) i sektorskim signalnim svjetiljkama duž puta.

Duž sredine svakoga kolnika ukopan je ispod asfaltne kore kabel vodič kroz koji protječe električna struja visoke frekvencije, pa se oko kabela širi jako elektromagnetsko polje. Automobil ima sprijeda dvije zavojnice, jednu desno a drugu lijevo od sredine. U njima se pobuđuje električna struja jednake jakosti dok je vozilo točno u sredini svoga kolnika i dok vozi svojom sredinom povrh podzemnog kabela. Čim vozilo skrene udesno ili ulijevo, promijeni se jačina inducirane struje u zavojnicama, pa je u onoj koja je bliže kabelu jača, a u drugoj slabija. Zavojnica u kojoj je struja jača okrene s pomoću posebne naprave volan na svoju stranu, ali ga odmah opet vrati u srednji položaj čim vozilo dođe u sredinu kolnika.

Da jedno vozilo ne nasrne na drugo ispred sebe ukopane su u asfaltu žičane petlje na razmacima od oko 10—20 m i spojene preko elektronske sprave sa svjetiljkama duž ruba ceste. Petljama neprekidno protječe električna izmjenična struja visoke frekvencije od 500 000 titraja u sek. i napona od 10 volta. Kad automobil prijeđe preko petlje, u njoj se pobudi jača struja, koja upali svjetiljku uz rub auto-puta, i svjetiljka bljesne. Motriocu se sa ceste čini kao da svako vozilo u prolasku nekom dugom žicom pali 10—15 svjetiljki iza sebe, odnosno kao da za sobom vuče 100—300 m dug svijetli »rep«. Dužina repa zavisi o brzini automobila i o trajanju bljeska svjetiljke. Brži automobil vuče za sobom duži svijetli rep jer on prijeđe više petlji dok se upaljena svjetiljka ne ugasi. Tim nizom upaljenih svjetiljki iza sebe svaki se vozač zaštićuje od automobila koji mu vozi iza leđa. Drugi automobil ne može ući u niz upaljenih svjetiljki iza prvog automobila jer čim stigne do prve svjetiljke, automatski se drugom automobilu isključi gorivo i utisnu kočnice. Za takvo automatsko upravljanje svaki automobil mora imati sprijeda poseban elektronski uređaj koji isključi gorivo i uključi kočnice ako se uza nj pojavi svjetlost rubne svjetiljke koju je upalio automobil što vozi ispred njega.

Elektronski uređaji još će više poskupiti gradnju auto-putova, ali gustoća prometa i zahtjev sigurnosti prisilit će graditelje da ulože veća sredstva u auto-putove kao što je prisilio i željezničke uprave da osiguraju pruge. Ovi i drugi elektronski uređaji, kao npr. radari, morat će se ugrađivati i u automobile, ali cijena automobila se možda zbog toga neće mnogo povisiti jer ona najviše zavisi o broju izrađenih vozila u jednoj seriji. Današnja su vozila opremljena s mnogo više složenijih uređaja nego prije 20—30 godina, a cijena automobila s istom jačinom motora ipak je zbog veće proizvodnje znatno manja nego prije.

Vrlo je vjerojatno da će se auto-putovi i automobili koji će se izrađivati za 50 godina razlikovati od današnjih kao što se sadašnji razlikuju od onih iz 1910.

Sada je očito koliko tehnički napredak utječe na razvoj cesta i koliko ceste pospješuju napredak zemlje, ali sve savršenije ceste postaju toliko skupe da se sve teže grade.



Automobil bez vozača na jednosmjernom pokusnom elektronskom auto-putu. Vozilo se drži sredine puta po ukopanom električnom kabelu. Ma koliko vozač u prednjem vozilu mijenjao brzinu stražnji automobil, pomoću radara, održava neprekidno jednak razmak. Ako vozač prednjeg vozila zaustavi, zaustavlja se i stražnji automobil na istom razmaku, iako u njemu nema vozača



Gore: gradnja čeličnog mosta preko morskog tjesnaca.
Dolje: ostaci prastarog akvedukta nedaleko od Skopja

MOSTOVI

Most je građevina kojom staza, cesta, željeznička pruga, vodovod ili kanal prelazi preko rijeke, preko drugog kanala, doline, neke prometnice ili prepreke. Najčešći su pješački, cestovni i željeznički mostovi, a najrjeđi kanalski mostovi kojima prolaze brodovi. Preko dolina često se grade posebni mostovi za ceste i pruge koji se zovu *vijadukti* (lat. via = put, ductus, č. duktus = vođenje) i za vodovode *akvedukti* (lat. aqua, č. akva = voda).

Prema trajnosti mostovi se dijele na privremene i stalne. Stalni mostovi grade se nepokretni ili pokretni (okretljivi, preklopni, podizni itd.). Posebna su vrst plutajući (pontonski) mostovi. Prema građi razlikuju se drveni, kameni, čelični, betonski i armirano-betonski mostovi.

Povijesni razvoj. U staro doba ljudi su prelazili preko plitkih prudova na rijekama gaženjem. Stoga se takva mjesta zovu *gazovi.* Na dubljim mjestima prevozili su se čamcem ili brodom, stoga se takvo mjesto na rijeci zove *brod.* Na dubljem dijelu gaza gradila su se najčešće dva kamena humka, a preko njih se oborilo deblo, i na taj se način dobio prvi most, tzv. brvno.

Egipćani su već gradili primitivne stupove od kamenih ploča ili od klesana kamena, preko kojih su polagali drvene grede. Drugi su narodi u Južnoj Americi, zapadnoj Africi i Novoj Gvineji gradili viseće mostove od lijana, a u Indiji i Indoneziji od trstika i od bambusa.

Najviše je mostova u staro doba bilo sastavljeno od međusobno povezanih plovila, preko kojih su bile položene drvene oblice. Takvi se mostovi sada zovu *pontonski mostovi.* U Babilonu je bilo nekoliko pontonskih mostova već godine ← 900. Velike pontonske mostove preko rijeka i morskih tjesnaca gradili su i vojskovođe. Najstarije vijesti o velikim pontonskim mostovima potječu iz ← 513, kada je perzijski kralj Darije na ratnom pohodu protiv Skita u južnoj Rusiji sagradio preko Bospora i Dunava mostove sastavljene od brodova. Takav most sastavio je ← 480. i perzijski kralj Kserkso I preko Helesponta (Dardanela), kada je s vojskom pošao na Grčku.



Primitivno brvno na bujici Hunzi u podnožju Karakoruma u Afganistanu

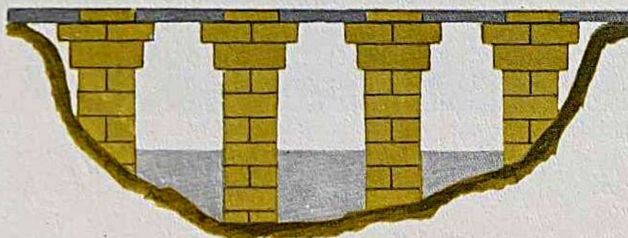
Rimski most preko Rajne kod Maguntiacuma, sada Mainza u SR Njemačkoj

Najstariji stalni most sagradio je kralj Sanherib oko ← 700. u Ninivi (Mezopotamija). Čuven je i Nebukadnezarov most sagrađen oko ← 600. preko Eufrata, sastavljen od kamenih stupova i greda od cedrovine. Dijelovi toga mosta iskopani su u XX st.

Grci su gradili stalne kamene mostove na svojim svetim cestama. Podizali su kamene stupove koji su na vrhu svršavali proširenim konzolama, a preko njih su polagali kolnik od greda.

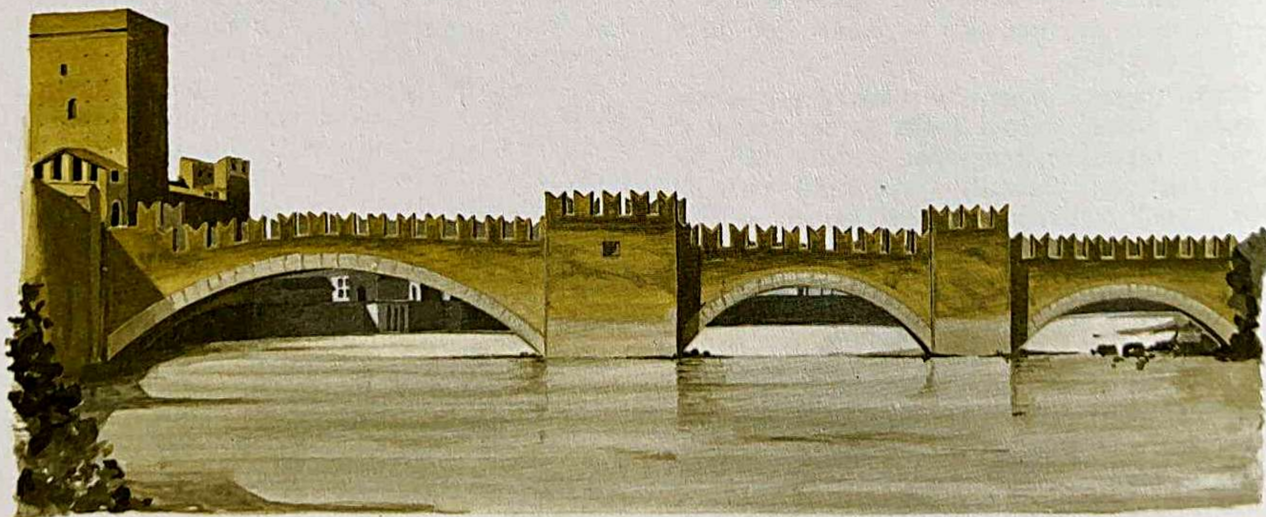
Poneki su mostovi bili čitavi od kamena. Kako Grci još nisu znali graditi lukove, podizali su stupove tako blizu jedan pokraj drugoga da su se konzole mogle spojiti velikim pločama u neprekidan niz.





Sudeći po novim iskopinama, čini se da su mostove s lukovima znali graditi Kaldejci, ali pravi majstori u gradnji mostova i vijadukata s lukovima bili su Etruščani. Od njih su mostogradnju naučili Rimljani, a uskoro su je i usavršili. Cezar je ← 57. sagradio u samo 10 dana prvi stalni vojnički drveni most preko Rajne, a car

Gore: stari Grci nisu znali graditi lukove od kamena, stoga su stupove za mostove zidali toliko blizu jedan pokraj drugoga, da su konzole bile na veoma malom razmaku, koliko su bile duge velike kamene ploče, koje su pokrivale te razmake
Dolje: sredovječni most tvrđava preko rijeke Adige (Adiđe) u Veroni, što su ga sagradili 1354. veronski plemići Scaligeri



Trajan izgradio je u I st. sličan most na drvenim stupovima preko Dunava kod Turnu Severina nizvodno od Orsove (Oršove) u Rumunjskoj.

Reljef toga mosta sačuvan je na Trajanovu stupu u Rimu. Rimljani su izgradili vrlo mnogo kamenih mostova na svojim cestama i akvedukata u zaposjednutim gradovima širom prostranog carstva, ali je malo takvih građevina do danas ostalo.

Najbolje su očuvani Fabricijev most u Rimu iz ← 238, Augustov most u Riminiju u Italiji iz ← 21. god. te akvedukti u Nimesu (Nimu) u Francuskoj i u Tarragoni u Španjolskoj.



Najbolje očuvani stari rimski most. Počeo se graditi ← 21. za cara Augusta, a dovršen je za Tiberija, na rijeci Marecchia u Riminiju

Raspon rimskih polukružnih lukova redovito je bio manji od 25 m, a kameni su stupovi bili široki jer Rimljani još nisu imali sredstava za kopanje temelja pod vodom u riječnim koritima.

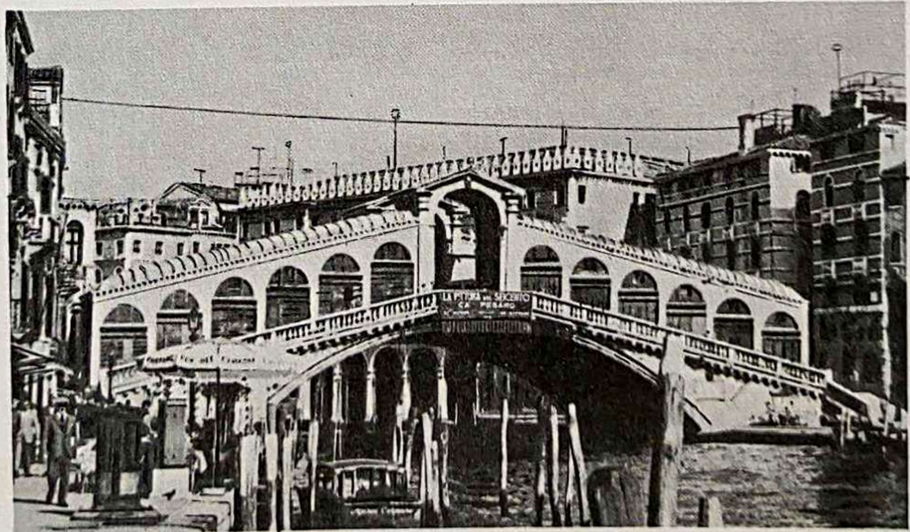
Čvrstoću su postizavali debelim stupovima koji su sužavali riječno korito i ustavljali vodu, pa je rijeka zbog toga ispod lukova tekla velikom brzinom i snagom. Brza voda podlokavala je prudove i riječno dno ispod stupova, pa je to glavni uzrok što je malo rimskih mostova odoljelo vodi do danas.



Da bi se stupovi bolje zaštitili od panjeva, plovila i od leda, dograđivali su se s uzvodne strane *odbojnici* i *ledobrani*. Lukovi su u sredini rijeke, gdje protječe najveća količina vode, bili uvijek najširi, a prema krajevima sve uži. Gornja ploha redovito više nije bila ravna kao na rimskim mostovima, nego slomljena kako bi se stanjio i olakšao srednji luk i dobio što viši prolaz za brodove. Mauri i Turci uveli su šiljate svodove, pa je i gornja ploha na takvim mostovima bila sedlasta. *Đavolov most* kod Martorella blizu Barcelone u Španjolskoj sagrađen je po maurskom uzoru. On ima tri nejednaka luka i na vrhu kućicu, kroz koju su prolazila kola i gdje se naplaćivala mostarina.

U X st. mostogradnja je bila najbolje razvijena u Italiji, gdje su se na mnogim rijekama gradili pokriveni mostovi, a ponegdje su se dograđivale kapelice, kućice za ubiranje cestarine, stražarnice,

Gore: »Đavolov most«, u maurskom stilu kod Barcelone



Desno: najčuveniji je u Veneciji most Rialto (Ponte di Rialto) sa sedlastom gor. plohom. Premošćuje Veliki kanal (Canal Grande). Sagradio ga je Palladio 1591. Dao mu je taj oblik kako bi u sredini ostao što viši slobodan prolaz za veće teretne brodice

U srednjem vijeku gradili su se kameni mostovi na užim stupovima koji su bili osobito vitki na onim mjestima gdje su se za niska vodostaja mogli kopati temelji na presušenom dijelu korita.

gostionice i dućančići. Kako su gotovo svi mostovi bili na oba kraja zaštićeni kulama, na mostovima se prodavala najdragocjenija roba, jer su tu dućančići bili najsigurniji od provalnika i



Lijevo: dvokatni natkriveni Ponte vecchio (Stari most) s dućanima na rijeci Arno u Firenci. Sagrađen u XI st.

Dolje: most preko rijeke Neretve u Mostaru, dovršen 1566.

razbojnika. Najneobičniji je svakako dvokatni stari most preko rijeke Arno u Firenzi (Firenci), sagrađen u XI st. On premošćuje rijeku sa tri široka luka. Preko čitave duljine donjeg mosta izgrađen je na stupovima gornji posve zatvoreni most, koji se kao neki hodnik produžio i uz obalu rijeke. Na glavnim stupovima i na lukovima načičkan je most sa obje strane s veoma mnogo kućica s dućančićima.

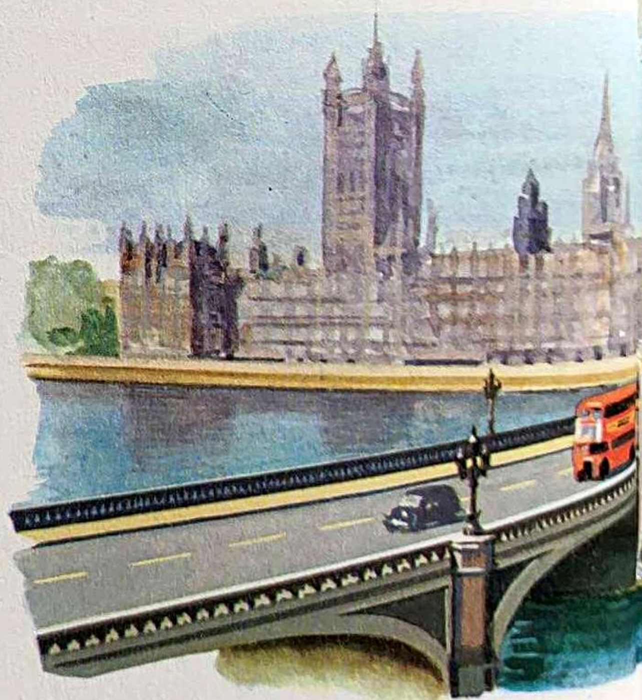


S bržim razvojem gradskog života u Evropi u XII st. oživljava i gradnja kamenih mostova: u to vrijeme podignut je most na Dunavu u Regensburgu, na Rhôni (Roni) u Avignonu (Avinjonu), na Temzi u Londonu itd. Umjesto polukružnih lukova rimskog oblika grade se lukovi u sve oštrijem isječku kruga.

U XVI st. grade se već košarasti i eliptični svodovi s ravnim, slomljenim i sedlastim kolnikom. Od lučnih mostova sa sedlastom gornjom plohom najčuveniji je svakako *Ponte di Rialto* (most Rialto) na Velikom kanalu (Canal Grande) u Veneciji, što ga je izgradio čuveni graditelj *Palladio* 1591. Taj je oblik mosta izabran zato da se dobije u sredini što viši prostor za brodove.

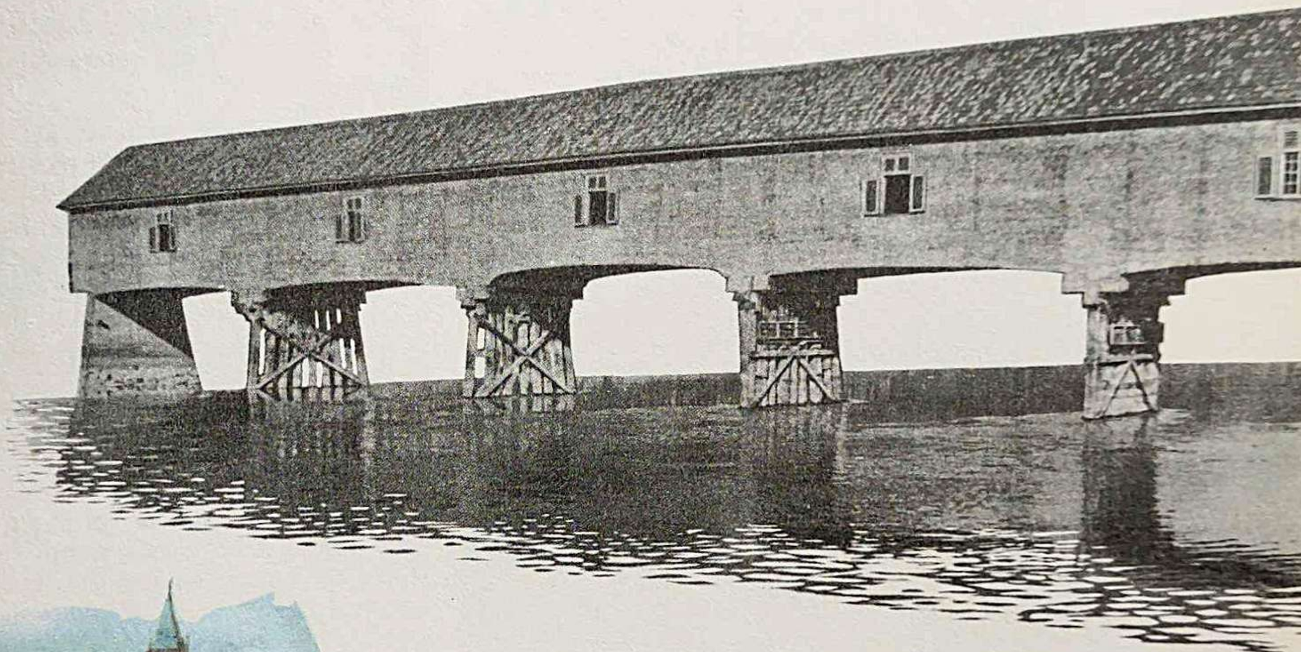
Utemeljitelj moderne mostogradnje u Evropi je francuski inženjer *J. R. Perronet* (Perone). On je prvi izračunao pravila za gradnju mostova na temelju fizičkih zakona. Proslavio se gradnjom velikog mosta preko Seine kod Neuillya (Nejia), koji je dovršen 1774. i koji je postao uzorom za gradnju mnogih mostova u Evropi.

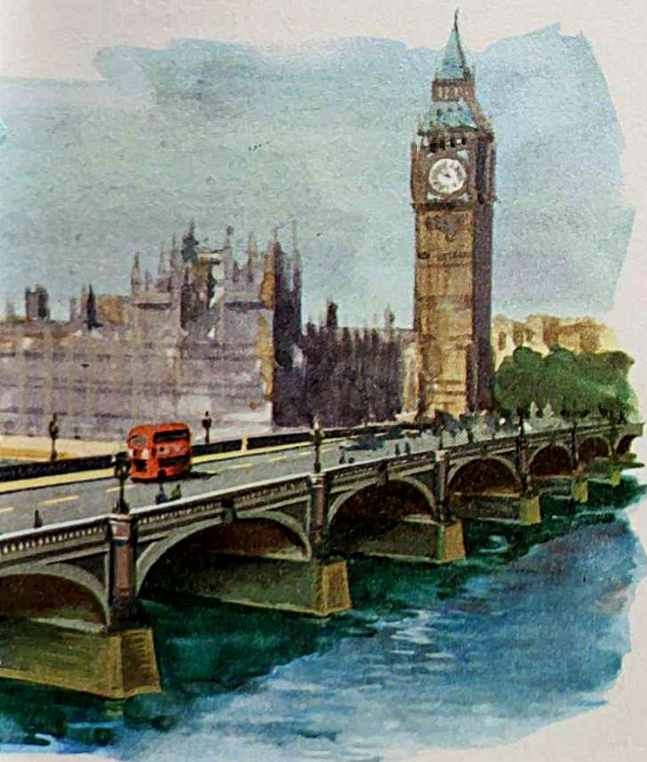
U gradnji drvenih mostova poslije Rimljana istaklo se nekoliko graditelja srednjega vijeka i renesanse. Najviše zasluga za usavršavanje drvene mostogradnje pripada Palladiju, a kasnije i Švicarcima. Oni su 1778. sagradili i najveći drveni luk na svijetu na mostu Limmat kod Wetlingena, s rasponom od 119 m. Osobitost renesanse bili su natkriveni drveni mostovi s dugim krovom. Mnogo se natkrivenih mostova i sada vidi u Švicarskoj i u Kini, gdje se doimlju kao niz kućica. nanizanih na drvenim stupovima preko kanala. Najviše velikih drvenih mostova bilo je sagrađeno u Sjevernoj Americi, kontinentu bogatu golemim šumama. Najveći svođeni drveni željeznički most bio je u dolini Portage (Porteđ) kod jezera Erie (Iri). Dva najveća mosta Limmat i Portage kao i mnoge druge progutali su požari.



Željezni mostovi mogli su se graditi tek pošto se usavršilo lijevanje velikih željeznih blokova. Prvi most od ljevena željeza sagrađen je 1779. u Engleskoj preko rijeke Severn. On je i danas u upotrebi. Sastavljen je na stari način od lukova jer ljeveno željezo dobro drži tlak, ali ne podnosi savijanja. Pošto je 1820. izumljeno valjanje željeza, moglo se valjano željezo upotrijebiti za gradnju grednih mostova. Stephenson je 1846—50. izgradio preko prolaza Menai most Britannia od željeznih greda s punim stijenama koje se doimlju kao četverokutne cijevi. God. 1890. uveden je u mostogradnju mnogo otporniji čelik. U to doba već su usavršeni statički zakoni za gradnju velikih mostova. Držeći se kruto tih zakona, graditelji su podizali mostove bez savjetovanja s arhitektima i sagradili čvrste, ali zacijelo najružnije mostove u povijesti mostogradnje, prave čelične kaveze, koji još i danas nagrđuju neke gradove.

Kako su se pri gradnji željezničkih pruga morali podizati mostovi sa sve većim rasponima, graditelji su zahtijevali i sve bolji čelik, pa je uskoro upotrijebljen najžilaviji krom-nikl-čelik, koji je otvorio mogućnosti za gradnju velikih raspona. Istodobno su poboljšani i oblici, pa se grade mostovi čistih, mirnih i lijepih linija.





Gore: u gradnji drvenih mostova, poslije Rimljana istaklo se nekoliko graditelja srednjeg vijeka i renesanse. Najviše zasluga za usavršavanje drvenih mostova pripada Palladiju, a kasnije i Švicarcima. Sredovječni zatvoreni drveni most na stupovima iz XIII st.

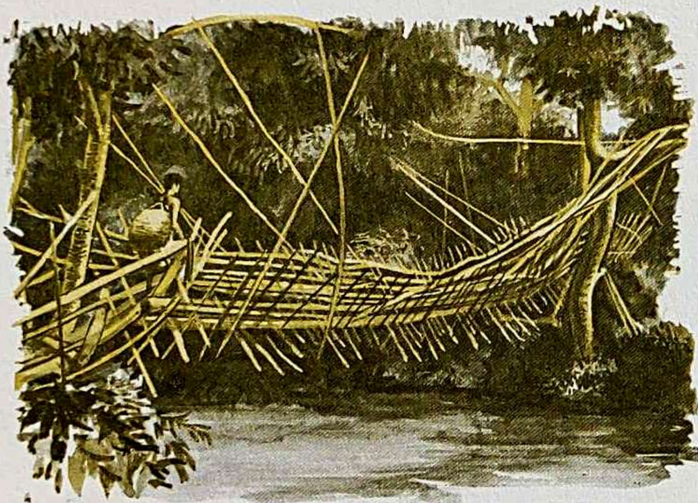
Lijevo: Vestminsterski željezni most na željeznim stupovima i lukovima, preko rijeke Thames (Temze) u Londonu i sada je u prometu. Sagrađen je usred Londona neposredno uz britanski parlament

God. 1796. sagradio je američki inženjer *Finley* (Finli) prvi viseći most preko uvale Jacobs Creek (Džakobs Krik). Međutim, viseći mostovi ipak nisu novovjeki izum. Kinezi su podizali mostove obješene na lancima već oko godine 300. I mostovi od lijana što su ih gradili Inke idu u ovu vrstu građevina.

Prvi moderni viseći mostovi, obješeni o plosnate lance, nisu odolijevali titrajima koji nastaju od kretanja vozila, konja i pješaka. Godine 1851. dok je prelazio jedan bataljon vojnika u maršu preko visećeg mosta Arques (Ark) u Francuskoj, puklo je od titranja jedno uže, pa se za tren oka srušio čitav most u rijeku, i tom se prilikom utopilo 216 vojnika. Poslije te nesreće viseći se mostovi nisu neko vrijeme gradili, a novi su se

kasnije sastavljali kao kombinacija visećeg i grednog mosta, tj. s jakim nosačem koji je ukrućivao kolovoz, a visio je na okomitim šipkama ispod čeličnih užeta. God. 1883. dovršen je most u Brooklinu (Bruklinu), dijelu New Yorka, preko East Rivera (Ist Rivera = Istočne rijeke). Taj most ima 2 kolnika, 2 željezničke pruge i pješačku stazu. Širok je 26,21 m, raspon ima 486 m. God. 1937. sagrađen je most Golden Gate (Goldn Gejt = Zlatna vrata) u zaljevu San Francisco (San Francisko) s rasponom od 1280 m i visinom donjeg ruba rasponske grede od 72 m iznad morske razine. To je bio most s najvećim rasponom na svijetu. U Japanu je 1962. dovršen najduži viseći most na istočnoj hemisferi. Podignut je između gradova Tobate i Vakamatsua. Ukupna je dužina svih dijelova 2068 m, a raspon 856 m.

Sada ima najveći raspon na svijetu od 1298 m most Verrazano Narrows, preko rijeke Hudson u New Yorku. U Evropi ima najveći raspon od 1013 m Salazarov most preko rijeke Tajo kod Lisabona, koji je dovršen 6. VIII 1966.



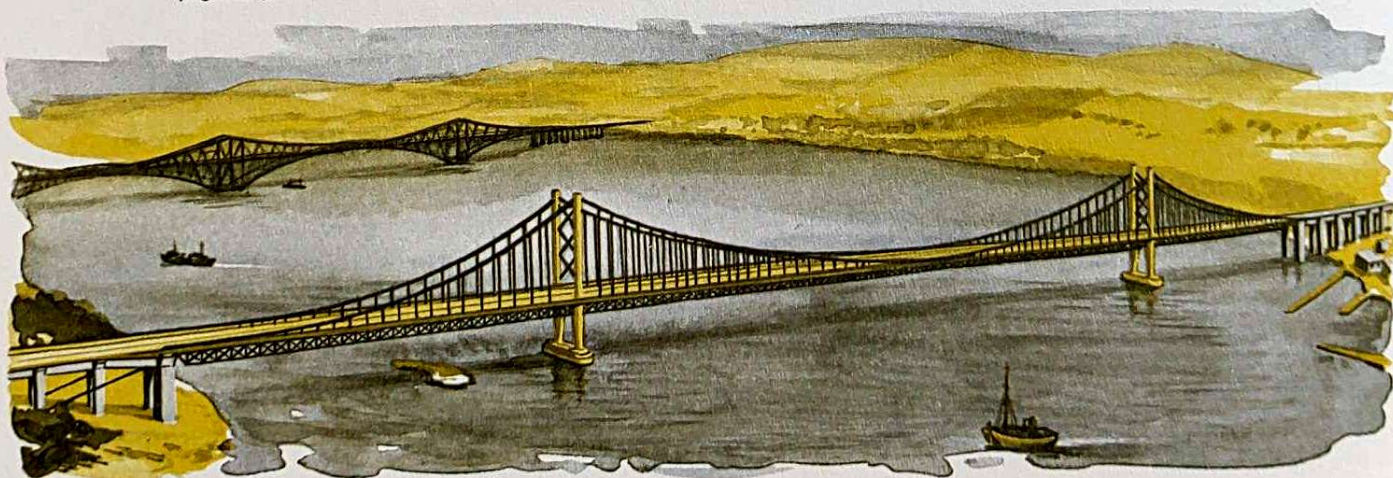
Betonski mostovi izrađuju se u svim dijelovima od betona. Kako nearmirani beton može podnijeti samo tlak, a ne podnosi rastezanje, od njega se grade samo svođeni mostovi s jednim ili više lukova. Veći se lukovi grade sa *zglavcima* kako bi se čitav luk mogao gibati pri promjenama temperature i pri postranom pomicanju upornika, a manji su lukovi bez zglavaka. Da se pri gibanju ne stvaraju pukotine, u nadgradu lukova ostavljaju se *žljebovi* (*fuge*).

Armiranobetonski mostovi počeli su se graditi prije 50 godina. Oni imaju rasponsku konstrukciju od betona sa čeličnim ulošcima. Armatura od betonskog čelika odupire se rastezanju, a beton uglavnom samo tlakovima. Uzdužna je armatura gušća, jača i napregnutija, a poprečna slabija. Beton i čelična armatura djeluju zajedno jer se beton i čelik međusobno veoma čvrsto povezuju.

Mostovi od prednapregnutog betona posebna su vrsta armiranobetonskih mostova. U betonu se žice ili šipke od vrlo čvrsta čelika napinju prije ili nakon betoniranja, ali svakako prije nego se beton počne stvrdnjivati. Prednosti su ovakva betona da može izdržati velika rastezanja a da se u njemu ne stvaraju pukotine. Pri gradnji mosta Savines (Savin) preko rijeke Durance (Dirans) u Francuskoj, koji je dovršen 1961, čelična je armatura prednaprezana silom od 65 t, i tolik je vlak držan na svim čeličnim žicama sve dok se beton nije skrutio.

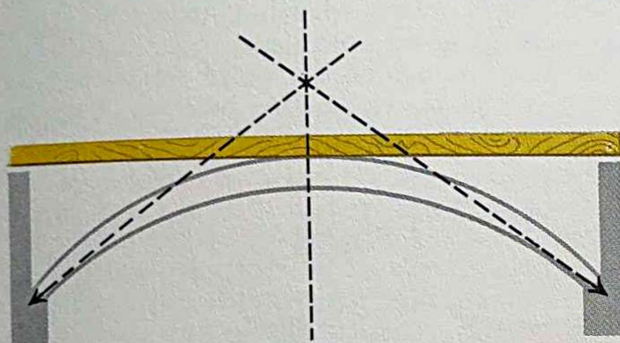
Svodolik, svođeni ili lučni most svojom težinom djeluje koso prema jednoj i drugoj vanjskoj strani u smjeru uzdužne osi mosta i upire se o upornjake. Kose sile djeluju jednom komponentom vertikalno na dolje, a drugom vodoravno prema vani. Stoga stupovi moraju biti vrlo čvrsti.

Gore: viseći most od lijana na izvorištu rijeke Almas u Brazilu. Prvi je most na tom mjestu izrađen prije dolaska Portugalaca. Domoroci u svim krajevima svijeta izrađuju primitivne viseće mostove od lijana, šiblja, papirusa ili grubih užeta. Poneki su pripeti ili obješeni u sredini ispod litica i stabala, ali mnogi vise posve slobodno i visoko s neshvatljivo širokim rasponom. Dolje: čelični viseći most preko Firth of Fortha u Škotskoj iz 1964. s rasponom između stupova od 1006 m. Mostom vodi auto-put širok 16 m, razdvojen u dvije trake s dva kolovoza. Izvan obodnice vode dvije biciklističke staze široke 3 m i dvije pješačke staze široke 2 m. U pozadini je stari željeznički most vrste cantilever iz 1870. Iako se gradnja visećeg mosta čini složenijom i opasnijom, na novom mostu od 250 radnika nije poginuo ni jedan. Od 4500 radnika na gradnji starog mosta poginulo je 250



Moderan armiranobetonski most u jednom luku s produljenim krajevima, preko jednog nizozemskog kanala

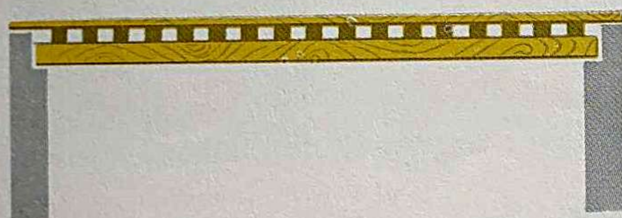




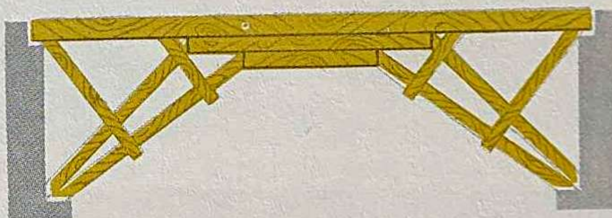
Svođeni most svojom težinom djeluje koso prema jednoj i drugoj vanjskoj strani u smjeru uzdužne osi mosta i upire se o upornjake, koji zbog kosih sila moraju biti jaki

Drveni mostovi danas se redovito grade samo u manjim dužinama za pješake i laka vozila. Najobičniji pješački drveni mostić jest *brvno* koje je sastavljeno od 2—3 grede položene vodoravno jedna uz drugu. One su međusobno povezane poprečnim gredicama i pokrivene daskama.

Gredni mostovi sastavljeni su od više usporednih debelih greda koje su prebačene preko jarka ili potoka i poduprte drvenim stupovima. Preko njih se stavljaju poprečne gredice, a iznad svega dolaze uzdužne daske. *Uporni mostovi* grade se



Mostić s uzdužnim gredama, poprečnim letvama i trenicama

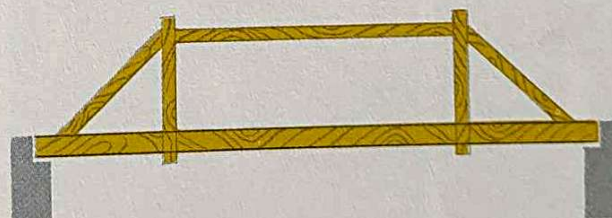


Drveni most ojačan uporama koje se oslanjaju o upornjake

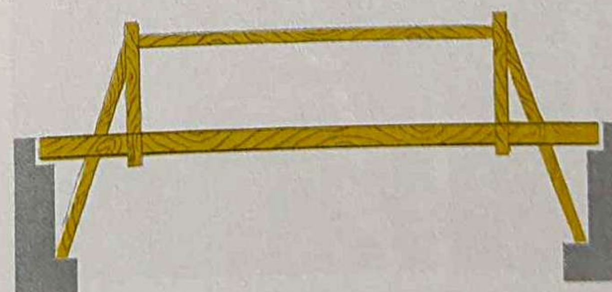
Težina visećeg mosta obješena na čeličnim užetima koja su prebačena i napeta preko visokih stupova djeluje koso prema unutrašnjoj strani i slomila bi sve stupove kad oni ne bi bili pripeti istim užetima prema vanjskoj strani i usidreni duboko u živom kamenu ili betonskom bloku.

Iz ovih triju temeljnih vrsti složeni su svi ostali različni oblici mostova.

Svaki je most sastavljen od donjeg i gornjeg ustroja. *Donji ustroj* sačinjavaju svi oni dijelovi koji se nalaze ispod rasponske konstrukcije, npr. upornjaci sa svojim stupovima i temeljima, glavni stupovi sa svojim temeljima, ležajnim gredama, ledobranima itd. *Gornji ustroj mosta* sačinjavaju svi dijelovi koji se nalaze povrh ležišta rasponske konstrukcije, npr. *glavni nosači* (rasponska konstrukcija) koji leže na stupovima, *poprečni nosači* što povezuju glavne nosače, *vjetrovni spregovi*, *spregovi vijuganja* koji se odupiru bočnim udarima vozila, *kočni spregovi* što se odupiru kočenju i vuči itd. Dijelovi mosta koji se nalaze između glavnih nosača i plohe namijenjene prolasku vozila nazivaju se skupnim imenom *pomost*.

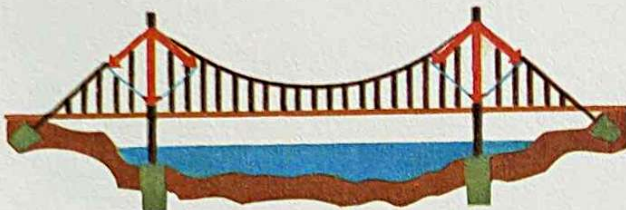


Drveni mostić kojemu je povećana nosivost upetom ogradom



Drveni mostić ojačan uporama između ograde i upornjaka

između jakih betonskih zidova, a laki mostići za pješake obično su viseći ili uporno viseći. Veliki mostovi u Americi i Švicarskoj gradili su se u prošlom stoljeću od velikih drvenih lukova.

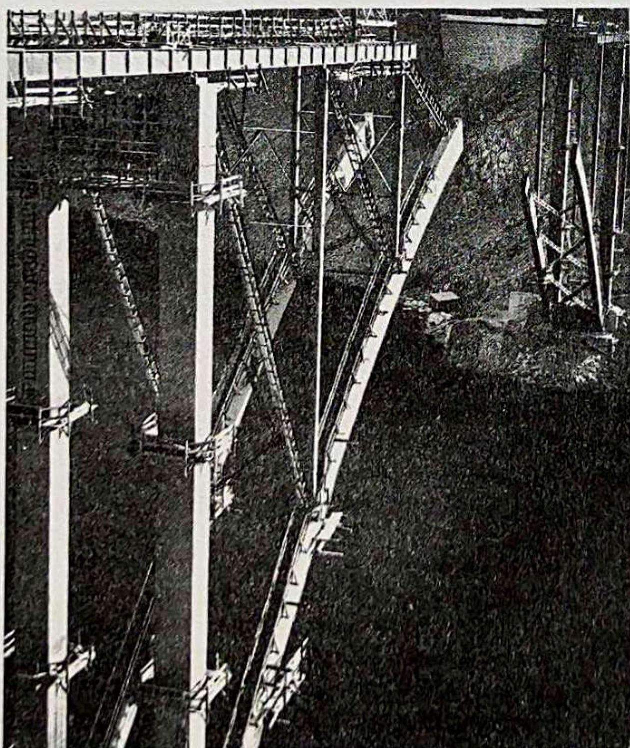


Kabel visećeg mosta usidren je na oba kraja. Težina obješenog dijela tlači stup prema dolje. Tlačna sila dijeli se na vrhu stupa u dvije jednake komponente, koje rastežu kabel

Dolje: prastari drveni most s dućanima i poslovnicama u Kini

Gradnja mostova. Mostovima prolaze pješaci, kola, osobni i teretni automobili i željeznički vlakovi, pa prema tome oni moraju nositi velike težine. Moderna dizel-električna lokomotiva teži danas oko 200 i više tona, a kad se tome dodaju još teško natovareni vagoni, težina čitava vlaka prelazi i više od tisuću t. Ako se uzme u obzir da se na mostovima s više kolosijeka i kolnika može u isto doba naći više vlakova, teških kamiona i pješaka, težina može premašiti više tisuća t. Osim toga i sam most ima svoju težinu. Stoga svakom mostu prijeti opasnost da se sruši od prekomjerne težine. Međutim, mostu ne prijeti opasnost samo od opterećenja nego i od drugih sila. Takva je opasna sila vjetar. Snažni mahovi vjetra srušili su već mnogo mostova. Tako se





Gradnja čeličnog cestovnog mosta preko Masleničkog ždrila (ulaz u Novigradsko more, gdje oceanski brodovi dolaze ukrcavati boksit)

1940. srušio treći po veličini viseći most na svijetu *Tacoma Narrows* (Tekouma Nerouz) preko Pudget Sounda (Pađet Saunda) u državi Washington, SAD, koji se dizao, spuštao i savijao već i pri malo jačem vjetru tako da su ga susjedni stanovnici nazvali *Galloping Gertie* (Geloping G. = Galopirajuća Gertrudica). Samo četiri mjeseca nakon dovršenja i predaje prometu zapuhao je žestok vjetar koji je udarao na mahove, pa se čitava glavna konstrukcija dizala s kolovozom i spuštala, savijajući se kao da je od ljepenke. Automobil koji se u to vrijeme našao na mostu bio je bacan poput lopte s jednog ruba na drugi, naprijed i natrag, sve dok nisu pukla užeta i most se srušio u rijeku.

Sada se zacijelo više neće događati takve nesreće jer se za svaki viseći most najprije izradi velik model koji se iskušava u posebnom aerodinamičkom tunelu, u kojemu se velikim ventilatorom stvara umjetan vjetar. U tunelu se ispituju titranje, savijanje i otpor mosta, slično kao što se ispituju i modeli modernih mlaznih aviona.

Druge opasne sile za most nastaju od kočenja i vuče te od vijuganja i bočnih udara vozila. Vlak koji slučajno mora kočiti na mostu, zaustavlja se



Kameni željeznički most preko rijeke Soče, kod Solkana, blizu Nove Gorice, na pruzi Jesenice—Bohinjska Bistrica — Podbrdo—Anhovo—Nova Gorica

velikom snagom, pa isto tako velikom snagom potiskuje kolosijek i most naprijed. Obratno, kad lokomotiva na mostu povuče vlak naprijed, njezini kotači jednakom snagom potiskuju kolosijek i most unatrag. Brzi automobili koji vijugaju po kolnicima desno-lijevo potiskuju kolnik i most također na lijevu i desnu stranu. Tim se silama moraju suprotstaviti posebni dijelovi konstrukcije na mostovima.

Čitava težina mosta zajedno s teretom koji se nalazi na njemu počiva na stupovima ili upornjacima. Ravni gredni most leži vodoravno na stupovima, a njegova težina djeluje na stupove okomito.

Kameni mostovi imaju donji i gornji ustroj od klesana kamena. Najčešće su sastavljeni od polukružnih lukova kao stari rimski mostovi, od lukova u obliku kružnog isječka, zatim od paraboličnih, košarastih (kao ručka na košari) ili podupornih lukova. Prije gradnje podiže se drvena konstrukcija, skela, i tek po njoj se slaže veliko klesano kamenje. Kad su luk, pomost i kolovoz posve gotovi, skela se oprezno i polako bez trzanja spušta, most se iskušava da li udovoljava postavljenim uvjetima nosivosti, a zatim se skela posve odstrani.

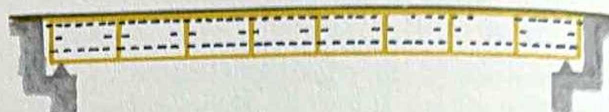
Prostor između luka i kolovoza može se ograditi bočnim zidovima i ispuniti pijeskom, tucencem ili mršavim betonom, ili se pomost može izraditi od malih lukova, kamenih stupova ili uzdužnih zidova s poprečnim lukovima.

Prednost je kamenih mostova da dugo traju, troškovi su za održavanje veoma maleni, pa ako se za gradnju upotrijebi kamen iz neposredne okolice, most se vrlo skladno stapa s okolicom.

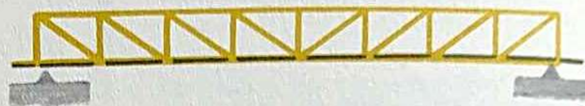
Čelični mostovi imaju obično donji ustroj od kamena ili betona, ali ponekad i od željeza, a gornji ustroj od žilava čelika. Mostovi s čeličnim konstrukcijama mogu imati najveći raspon. Glavni nosači ne leže neposredno na stupovima, nego na čeličnim ležištima, a tek ta ležišta počivaju na stupovima. Tako se most gradi zato jer ležišta točnije određuju mjesto gdje težina tlači stupove. Ležišta uz to dopuštaju rastezanje, stezanje i

savijanje glavnog nosača pri promjenama temperature. Najčešći su oblici željeznih mostova gredni mostovi.

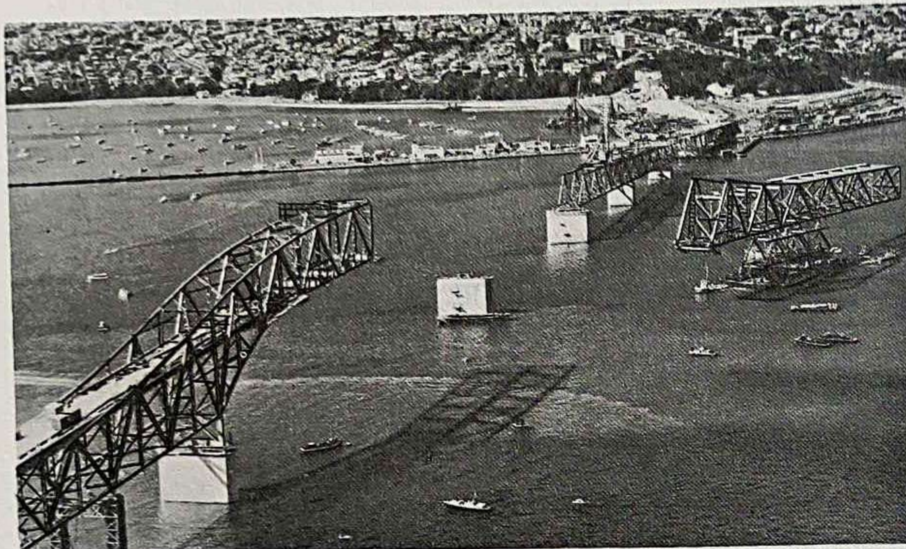
Gredni čelični mostovi s punim stijenama izrađuju se od 8—12 mm debelih punih limova. Plohe limova mogu biti na nekim mjestima izrezane zbog olakšanja. Ovakvi se mostovi upotrebljavaju za raspone do 25 m.



Gredni most punih stijena za kraće raspone



Dulji čelični gredni most rešetkaste gradnje

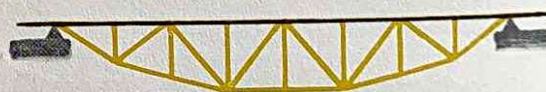


Lijevo: gradnja gredno-svodnog rešetkastog čeličnog mosta u Aucklandu (Oklandu) na Novom Zelandu. Srednji se svođeni dio mosta gradio između betonskih stupova prema sredini, tako da su mu krajevi slobodno visjeli iznad mora, a dva su ravna dijela mosta građena na obali i nakon dovršenja prevezena do stupova. Na slici: dovršena lijeva polovica srednjeg luka. Pontonom se prevozi posljednji ravni dio mosta, koji će se za visoke vode uravnati, a za oseke poleći na ležaje

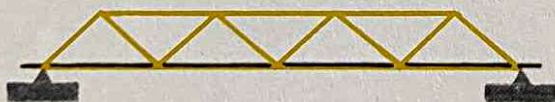
Duži se gredni mostovi izrađuju od rešetkastih konstrukcija, a najčešći su oblici: ravne grede, trapezi, uspravni i obrnuti lukovi (riblji trbuh), leće, poluparabole, višekuti, dvostruki lukovi itd.

Svođeni čelični mostovi grade se od čelične rešetkaste konstrukcije u obliku luka koji se upire o betonske upore, ako je kraj tup, ili o jaka čelična ležišta, ako je kraj šiljast. Kolovoz mosta može biti poduprt ako prolazi povrh luka, obješen kad visi ispod luka, ili poduprto-obješen ako prolazi kroz luk.

Poduporni mostovi su kombinacija grednih i svođenih mostova. Stručno se takvi mostovi nazivaju engleskim imenom *cantilever* (kentilever = podupirač, polica) jer su sastavljeni od dvije upore ili dvije konstrukcije što stoje u ravnoteži s jedne i druge strane stupa kao poluge na vagi. Prednost je mostova tipa kentilever da se mogu brzo graditi na obje strane sa svakog stupa i da mogu podnijeti velik raspon, osobito ako se između dva susjedna kentileverska dijela namjesti manji most rešetkaste konstrukcije.



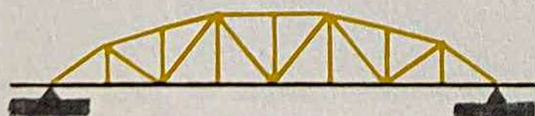
Veći rešetkasti čelični most s obrnutim lukom



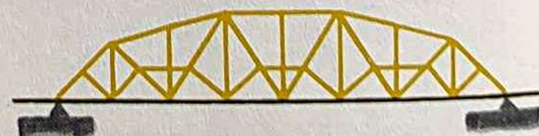
Rešetkasti trapezni čelični most malog raspona



Veći rešetkasti most s parabolnim lukom



Veći rešetkasti čelični most s uspravnim lukom



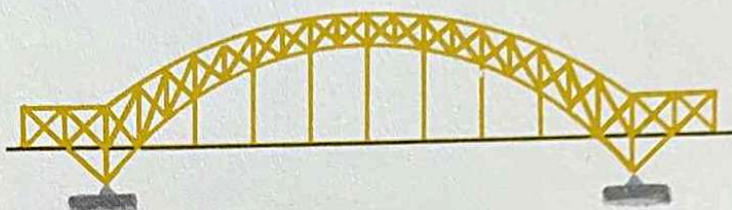
Veći rešetkasti višekutni pojačani čelični most

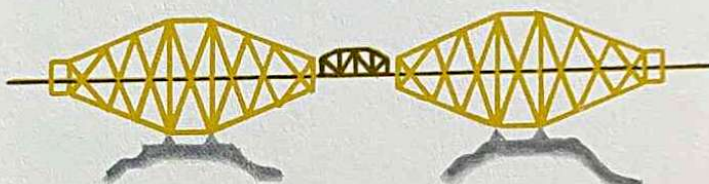
Svi se dijelovi za čelične mostove izrađuju u tvornicama mostova ili u velikim radionicama. Tu se režu limovi i uglovnice, blanjaju se, buše i od njih se sastavljaju zakivanjem ili varenjem veći dijelovi, koji se prevoze na gradilište mosta, gdje se samo ugrađuju. Međutim, danas se više ne prevoze duge rešetkaste konstrukcije kao nekada, nego se sastavljaju u tzv. slobodnoj gradnji. Najprije se izrade dijelovi povrh stupova, a zatim se od njih nastavlja gradnja prema sredini. Krajevi slobodno lebde u zraku bez drvenih upora i skela sve dok se usred mosta ne spoje.

Ponekad se srednja konstrukcija gradi na velikim pontonima ili teglenicama, pa kad je gotova, dotegli se do sredine mosta. Iz pontona se izbacuje voda koja je služila kao balast tako da se čitava konstrukcija podiže iznad buduće razine mosta. Tada se sredina namjesti točno u osi mosta, a zatim se plavljenjem tankova u pontonima čitav most spusti na svoja ležišta.

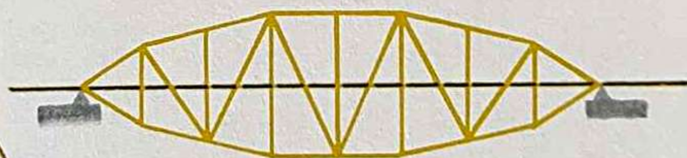
Čelični most može se čitav sagraditi na jednoj obali u produženoj osi njegova budućeg položaja. Jedan kraj mosta počiva na jakim privremenim kotačima i kolosijeku, a drugi kraj strši toliko daleko iznad rijeke da se poda nj može uvući velika teglenica ili velik ponton s dovoljno visokom drvenom skelom. Kad je most dovršen, ponton se podvuče pod most i pričvrsti za nj. Iz pontona se zatim izbacuje voda koja je služila kao balast sve dok se ponton toliko podigne da poduprti kraj mosta dođe iznad određene visine. Sa suprotne obale tada se jakim vitlima privlači ponton i most sve dok se ležište mosta dovuče iznad donjeg dijela ležišta na kamenom ili betonskom stupu. Tada se isisavanjem vode iz pontona spušta taj kraj mosta sve dok ne legne u svoje ležište.

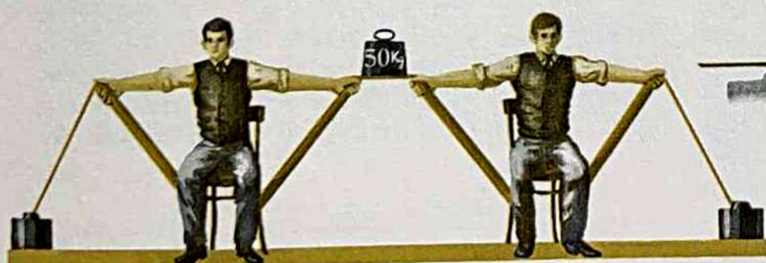

Poduprti čelični rešetkasti most


Obješeni čelični rešetkasti most

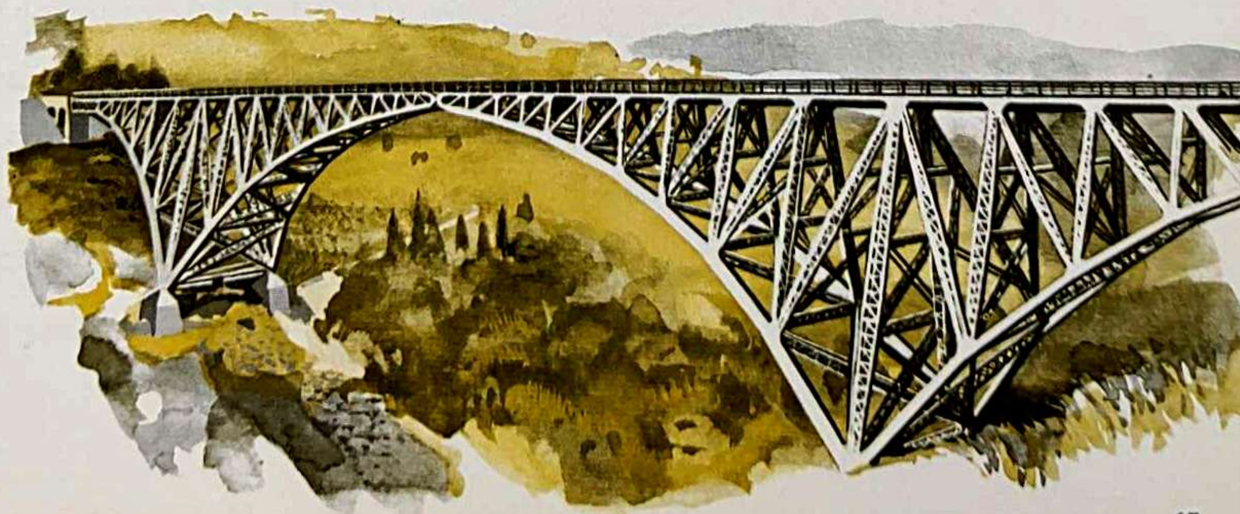

Poduporno-čelični cantilever-most


Poduporno-obješeni rešetkasti most


Rešetkasti most s dvostrukim lukom



Temeljni princip gradnje cantilever-mosta


Moderni američki čelični cantilever-most

Viseći most Verrazano Narrows, s najvećim rasponom na svijetu, visi na četiri kabela s promjerom od 87 cm. Tako se debeli kabeli ne bi mogli smotati u koture ni prebaciti preko stupova. Stoga su sastavljeni na licu mjesta. Najprije su prebačena pomoćna čelična užeta preko kojih je položena radna platforma po kojoj su se kretali radnici. Položena je i zaštitna ograda s mrežom. Za glavne kabele prebacile su se preko stupova čelične žice debele kao olovka i usidrile na obje obale. Od 428 takvih žica sastavljeno je jedno čelično uže, a 61 uže spojeno je u jedan kabel, koji ima 26 108 žica. Most sada visi na četiri takva kabela s ukupno 104 432 žice. Sva su četiri glavna kabela sastavljena tako da sve žice budu podjednako napete. Oni nisu pleteni ni sukani kao brodska užeta, nego su sastavljeni od usporedno poslaganih žica, koje su zatim posebnim tijescima stisnute, kako bi čitav kabel dobio valjkast oblik. Pošto su dovršena sva četiri kabela i svi viskovi, te kad je dovršen i donji ustroj mosta i posve obješen o čelične kabele, odstranjeni su građevni dijelovi (platforme, zaštitne ograde i druge pomoćne žice), a most je ostao u čistoj i u punoj ljepoti svojih vitkih obrisa

Viseći mostovi. Kod visećih mostova najvažniji su dio čelična užeta, tzv. *kabeli* koji su razapeti između uspravnih *pilona* (stupova) i vise u paraboličnu luku. Oba su kraja kabela duboko i čvrsto usidrena u tlu. Na veoma dugim mostovima upotrebljavaju se usporedne debele žice, koje se nakon namještanja jednakom snagom nategnu tako da budu posve podjednako napete. Za kraće mostove razapinju se uvijena čelična užeta. Svaki takav kabel sastavljen je od mnogo užeta, a svako uže od nekoliko stotina žica.

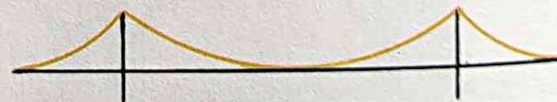
Najosjetljiviji je rad pri gradnji visećeg mosta namještanje debelih čeličnih kabela. Budući da je svaki kabel težak nekoliko stotina tona, ne može se podići izravno na pilone i nategnuti. Stoga se najprije prebaci preko svakog pilona po dva privremena laka čelična užeta, koja se toliko napnu da vise u onakvu luku kako će visjeti debeli kabeli nosači. Između privremenih užeta namjeste se čelične spone, a preko njih se položi drven pod. Tako se od jednog do drugog kraja budućeg mosta dobije platforma, koja između pilona ima oblik luka. Tek tada se mogu po platformi vući užeta budućeg kabela. Jedno se po jedno uže prebacuje preko pilona, podjednako se nateže, polaže po platformi i oba se kraja spajaju sa sidrenom konstrukcijom na jednoj i na drugoj riječnoj obali. Užeta se zatim slažu jedno uz drugo tako da tvore pravilan šestorokut, ovijaju se (bandažiraju) i naposljetku se hidrauličkim tijeskom stiskaju sve dok čitav snop ne dobije oblik okrugla kabela. Tanka privremena užeta s platformom skidaju se tek onda kada se most dovrši i oboji.

Čuveni njujorški viseći mostovi. U širem području New Yorka ima šezdeset većih mostova. Najčuveniji su viseći mostovi Brooklyn (Bruklin), Manhattan (Manhetn), George Washington (Džordž Vošintn) i Verrazano Narrows (Verecano Nerouz). Posljednja je dva mosta projektirao čuveni inženjer *Othmar Amman*. Najnoviji most Verrazano, najduži viseći most na svijetu, Amman je dovršio 1965. u 83. godini života.

Viseći most Brooklyn, dovršen 1883. ima raspon od 486 m, širok je 26,21 m i visi na četiri čelična kabela. Na njemu su četiri željeznička kolosijeka, dvije trake sa dva kolovoza za motorna vozila i jedna široka pješačka staza uzdignuta na visinu krovova željezničkih vagona.

Viseći most Manhattan s rasponom od 488 m, širok je 37,49 m. Sagrađen je 1909, visi na četiri kabela i nosi osam željezničkih kolosijeka, četiri kolovoza za motorna vozila i dvije pješačke staze na vanjskim galerijama.

Viseći most George Washington, dovršen 1931, ima raspon od 1066,8 m između stupova koji su visoki 182 m. Kabeli su sastavljeni od 61 užeta, a svako uže ima 434 žice. Prema tome svaki kabel, debeo 91 cm, sastavljen je od 26 474 čvrste čelične žice. Krajevi kabela na desnoj obali, u New Yorku, uljeveni su u golem 60 m visok betonski blok, a na lijevoj obali u New Jerseyu (Nju Džersiju) usidreni su u 76 m dugom tu-



Golden Gate (San Francisco), iz 1937, raspon 1280 m



Mackinac (tjesnac Mackinac) iz 1957, raspon 1158 m



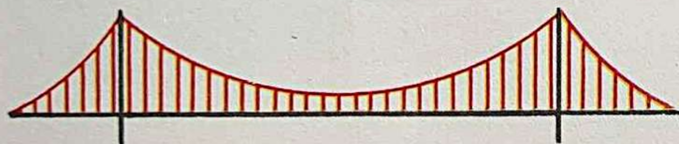
George Washington (r. Hudson), iz 1931, raspon 1067 m

nelu koji je prorovan u kamenu stancu. Preko kabela su prebačeni i stegnuti jaki čelični ovratnici koji drže uspravne čelične stupove i cijevi (viskove) na kojima vise poprečni nosači (spone) što pridržavaju rasponsku konstrukciju s kolnicima i kolosijecima, a daju joj i krutost.

Verrazano Narrows, najduži viseći most na svijetu povezuje Brooklyn, preko tjesnaca Narrows na rijeci Hudsonu, s predgrađem Staten Islandom (Stejtn Ajlandom) na istoimenom otoku. Sve je na tom mostu golemo, od troškova za gradnju (oko 5 milijardi dinara) i 232 000 km čeličnih žica koje su ugrađene u četiri nosiva kabela, do njegove dužine od gotovo 2 km.

O gradnji mosta preko tjesnaca Narrows raspravljalo se punih 50 godina. Kad su 1949. bili dovršeni planovi, usprotivio se glavni generalštab vojske koji je tvrdio da bi takav most bio odviše izložen upravljivim projektilima. Protiv mosta ustali su čak i stanovnici Brooklyna i Staten Islanda zbog toga što će naglo porasti broj stanovnika u tim predgrađima, a to će izazvati skupoću, neudobnost i različite špekulacije sa zemljištem i stanovima. (Nakon dovršenja bruklinskog mosta stanovništvo je u Brooklynu za 40 godina poraslo za 2 200 000 stanovnika.) Uprava za mostove i tunele morala je pripremati javno mišljenje. Objavljivala je statističke podatke o budućem mostu, koji su imali utjecati na građane da promijene mišljenje: bit će to najveći most na svijetu; čelične žice, nadovezane jedna na drugu, dosegle bi dvije trećine daljine do Mjeseca; stupovi od 228 m bit će visoki kao zgrade od 17 katova; zbog duljine mosta, visine stupova i zaobljenosti zemljine površine, stupovi će pri vrhu biti razmaknutiji za nekoliko centimetara nego pri temelju; na mostu će biti 12 kolovoza i prolazit će oko 50 milijuna motornih vozila na godinu. Sve je to imalo stanovnike New Yorka ispuniti ponosom. I doista gradnja je odobrena 1959.





Gore: francuski viseći most Tancarville, dug 608 m, drugi u Evropi
Lijevo: najdulji viseći most na svijetu Verrazano Narrows (1298 m)

U srpnju 1959. počeli su se kopati temelji za usidrenje kabela i graditi pristupni vijadukti. Sam most počeo se podizati u siječnju 1960, a kabeli polagati 7. ožujka 1963.

Most Verrazano visi na četiri kabela s promjerom od 87 cm. Tako debeli kabeli ne bi se mogli smotati u koture ni odmotati, a pogotovo se ne bi mogli prebaciti preko visokih stupova i podjednako napeti. Zbog toga su se kabeli izrađivali na svom mjestu. Najprije su se razapele čelične žice debele kao olovka i usidrile u obje obale. Od 428 čeličnih žica sastavljeno je jedno uže, a 61 takvo uže spojeno je u jedan kabel. Sva četiri kabela morala su se sastavljati vrlo pažljivo tako da sve žice budu podjednako napete. Treba napomenuti da kabeli takvih mostova nisu pleteni ni usukani uvijanjem, kao što su brodska čelična čela, nego su sastavljeni od 26 108 žica koje su složene usporedno jedna uz drugu i zatim stisnute posebnim tijescima kako bi se dobio valjkast oblik kabela.



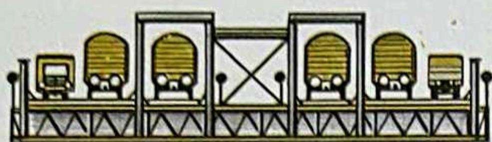
Salazar (Tajo, kod Lisabona), iz 1966, raspon 1013 m



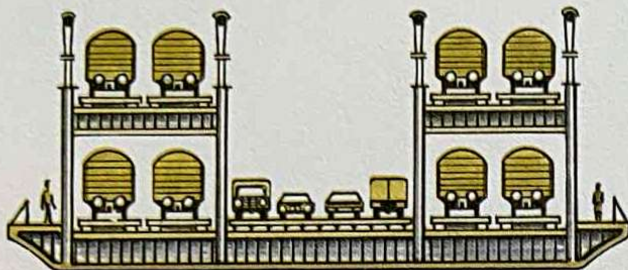
Tacoma Bridge (drž. Washington), iz 1952, raspon 853 m



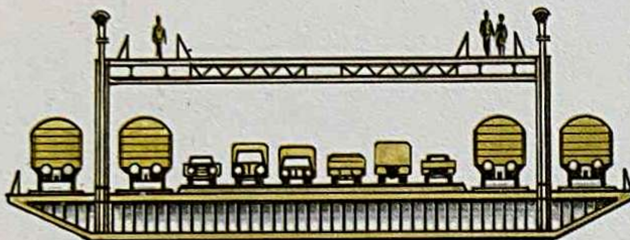
Transbay Bridge (San Francisco), iz 1936, raspon 701 m



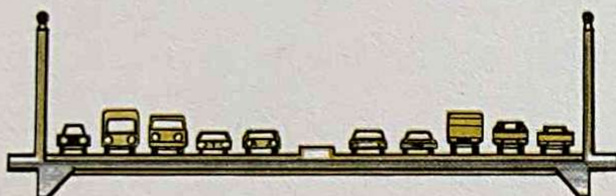
Presjek visećeg mosta Brooklyn (New York), širina 26,21 m



Presjek visećeg mosta Manhattan (New York), širina 37,49 m



Presjek visećeg mosta Delaware (New York), širina 38,25 m



Presjek visećeg mosta Verrazano Narrows, širina 41,20 m

Kad su dovršeni glavni nosivi kabeli, o njih su se ovjesili vertikalni viskovi, koji nose vodoravne poprečne spone, a preko njih su se izgradili kolovozi.

Mnogi laici ne vjeruju u čvrstoću visećih mostova koji su obješeni na tankim žicama. Međutim, i najduži viseći most na svijetu toliko je čvrst da bi se svi kolovozi mogli ispuniti natovarenim kamionima, vozilo do vozila, pa bi most Verrazano ipak sve to izdržao, čak kad bi još pao snijeg i udario žestok vjetar. Takav se most s vremenom i malo troši. Predviđa se da se Verrazano ne treba popravljati za 100 godina.

Najviše je prepirki izbilo kad je golemom mostu trebalo dati ime. Naposljetku je prihvaćeno ime Verrazano, što ga je predložilo talijansko povijesno društvo. *Giovanni da Verrazano* bio je talijanski pomorac koji je 1524. otkrio tjesnac i kopno gdje je danas New York. Službeno ime *Verrazano Narrows Bridge* ostalo je unatoč protestima mnogih gradskih senatora, koji su tvrdili da se tako velebnoj građevini ne može dati ime čovjeka koji nije umro časnom smrću. Predlagalo se da se most nazove imenom radnika koji su gradnju platili životom.

Nesretni slučajevi i gubici bili su manji nego što se očekivalo. Jedan je američki senator prije početka gradnje zlobno upitao Ammana: »koliko ćete pobiti ljudi na tom vašem mostu?« Inženjer mu je odgovorio: »na žalost, zacijelo stotinu«. Međutim, sigurnosne mjere i disciplina pri radu bile su tako dobre, da su na tako opasnu gradilištu poginula samo dva radnika.

Amman je želio da most bude što jednostavnijih linija i što manje upadljiv. On je doista takav, iako laik ne može ni zamisliti nešto veće i upadljivije od te goleme građevine. Most se vidi iz daljine od 65 km, a vidio bi se i dalje da se oličio zlatnom bojom kako su predlagali neki gradski senatori. Ali velikom graditelju Ammanu nije trebalo pozlaćenih mostova.

Čelik je svakako najžilaviji i najbolji materijal za gradnju mostova. Stoga su svi mostovi na svijetu s najvećim rasponom izrađeni od čelika. Jedini im je nedostatak što je čelik skup, a skupo je i njihovo održavanje jer takve mostove treba dosta često čistiti od rđe, premazivati ih olovnim minijem i barem sa dva sloja uljene boje.

Natezanje, slaganje i povezivanje 428 žica u jedno čelično uže. Nakon toga je od 61 takvog užeta sastavljen, stisnut i ovijen po jedan kabel od 26 108 žica. Kako most Verrazano Narrows visi na 4 kabela, težinu čitavog mosta nose 104 432 žice. Takav način sastavljanja kabela izumio je američki inženjer John Roebling i upotrijebio ga pri gradnji mosta Brooklyn 1883. U Evropi je prvi put iskorišten na gradnji visećeg mosta preko Firth of Fortha u Škotskoj



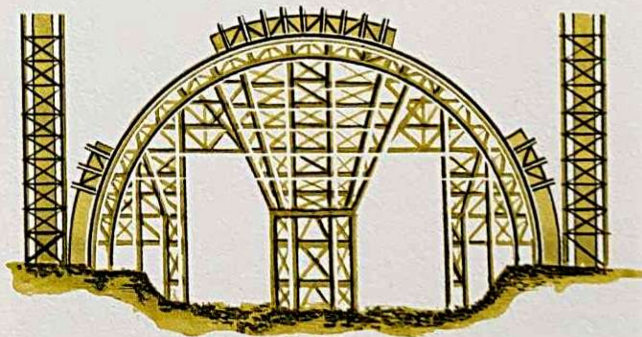
Lijevo: armiranobetonski most za auto-cestu sličan mostu u Slunju
Desno: početak gradnje armiranobetonskog mosta preko jednog plovnog kanala. U pozadini plutajuća dizalica koja postavlja dijelove

Betonski mostovi imaju danas veoma različne oblike, a prednapregnuta armatura omogućuje da se izgrade veoma duge rasponske konstrukcije. Prije gradnje betonskog mosta podiže se drvena konstrukcija (skela) koja nosi težak beton i čeličnu armaturu sve dok se čitav luk ne dovrši i beton ne skrutne. Armatura se mora polagati i luk betonirati tako da se drvena konstrukcija simetrično sliježe pod težinom čelika i betona. Stoga se betoniraju najprije oba korijena luka, zatim tjeme i napokon simetrično oba preostala dijela.

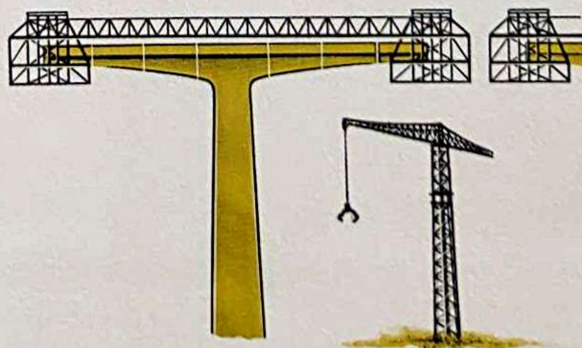
Neki se mostovi podižu slobodnom gradnjom, tj. najprije se izgradi dio povrh stupova, a zatim se produžava rasponska konstrukcija na jednu i na drugu stranu sve dok se ne sastavi sa susjednim konstrukcijama drugih stupova. Ponekad se konstrukcije od prednapregnuta betona izrađuju na zemlji u dijelovima, podižu se dizalicom na svoje mjesto i spajaju betoniranjem.

Armiranobetonske rasponske konstrukcije redovito nisu pune grede, nego se izrađuju s rebrastim ili žljebastim presjekom jer im se time, uz jednaku čvrstoću, smanjuje težina.

Svi dijelovi armiranobetonskih mostova izrađuju se na gradilištu, a najveća im je prednost što je održavanje takvih mostova jednostavno i jeftino jer ih ne treba strugati i bojadisati kao željezne mostove.



Gradnja betonskog mosta na skeli i redoslijed betoniranja luka



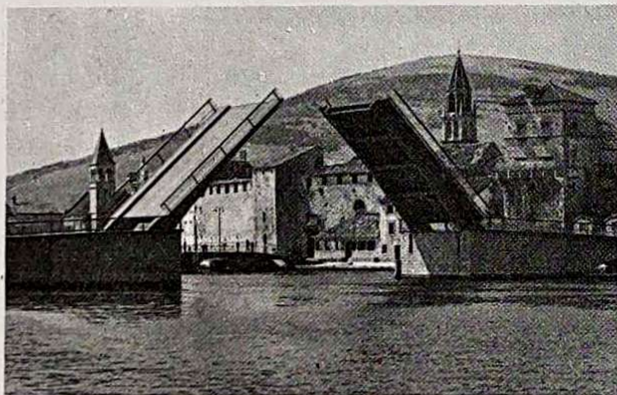
Slobodna gradnja mosta od prednapregnutog betona iznad stupova

Pomični mostovi grade se na plovnim rijekama, kanalima, morskim uvalama i tjesnacima gdje se zbog niskih obala ili prevelikih troškova ne mogu sagraditi tako visoki mostovi da bi brodovi mogli prolaziti ispod njih. Da niski most ne bi prepriječio plovidbu, jedan se njegov dio izrađuje tako da bude pomičan.



Most Caronte (Karont), preko ulaznog kanala u lagunu Etang de Berre (Ber), kod ušća rijeke Rhône u Francuskoj. Okretljivi dio mosta dug je 103 m i okreće se na vrhu kule koja je visoka 20 m. Most je dug 880 m, sagrađen 1916, djelomično razoren 1944, popravljen 1945. i moderniziran 1954. Kanalom prolaze tankeri koji dovoze naftu iz Alžira do velikih skladišta i rafinerija nafte izgrađenih oko lagune

Pomičnih mostova ima više vrsti. Najčešći su mali *okretljivi mostovi*, koji mogu biti izrađeni tako da se okreće čitav most u jednu stranu (npr. kod nas u Tijesnu, Osoru, Rijeci), ili da se jedna polovica mosta okreće u jednom a druga polovica u drugom smjeru.

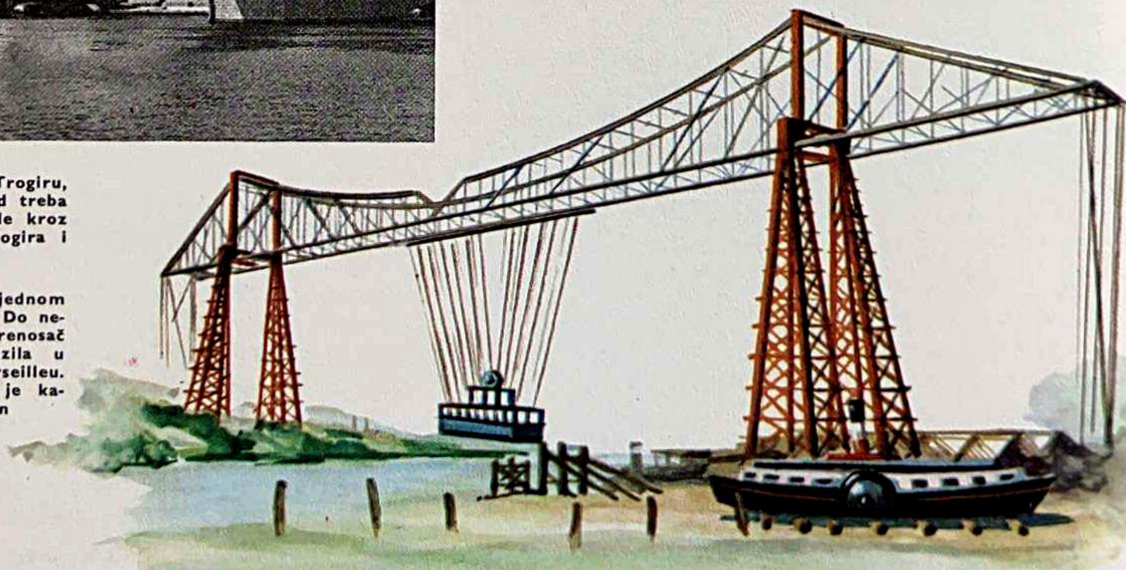


Preklopivi most u Trogiru, otvara se samo kad treba propustiti parobrode kroz tjesnac između Trogira i otoka Čiova

Druga su vrst *preklopivi mostovi*. I oni mogu biti izrađeni tako da se preklapa čitava rasponska konstrukcija između dva stupa, npr. u Buffalu (Bafelu) na rijeci Niagari, ili da se jedna polovica preklapa na jednu a druga na drugu stranu, npr. trogirski most i Towerbridge u Londonu.

Treća su vrst *podizni mostovi* kojima se čitava rasponska konstrukcija diže u vodoravnu položaju uvis između četiri stupa. Takav je npr. podizni most na ulazu u ratnu luku Brest u Francuskoj.

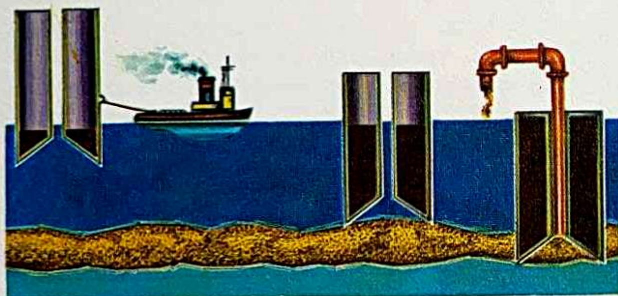
Posebna su vrsta *mostovi prenosači* koji se obično grade na onim mjestima gdje je vodeni promet velik, a kopneni malen. To su veoma visoki mostovi, ali redovito veoma lake konstrukcije jer nose samo dvije tračnice i malu platformu koja visi ispod mosta i kreće se po tračnicama s jedne obale na drugu. Platforma obično prevozi 1—4 vozila i nekoliko pješaka.



Most prenosač na jednom američkom kanalu. Do nedavna je ovakav prenosač skele prevozio vozila u staroj luci u Marseilleu. Odstranjen je jer je kapacitet bio premalen



Podizni most od armiranog betona, sagrađen 1958. na ulazu u francusku ratnu luku Brest u Bretagni. Kad ispod mosta treba da prođe brod, čitav se srednji dio mosta između stupova podigne na visinu od 44 m iznad morske razine tako da ispod njega mogu proći svi brodovi



Polaganje kesona u kanalskom koritu: 1. tegljenje čeličnog kesona, koji je radi stabilnosti djelomično ispunjen betonom, 2. keson ispunjen betonom utonuo je do kanalskog dna, 3. pošto se sisaljkama iz čunjaste kesonske šupljine izbacio pijesak, keson se zario u pijesak do tvrdog dna. Nakon toga se na gornjoj kesonskoj plohi gradi gornji dio stupa i polažu nosači mostovske čelične konstrukcije

Mosni stupovi. Glavni stupovi mostova (piloni) izgrađuju se na različne načine. Drveni stupovi sastavljeni su od nekoliko zabijenih greda u riječno dno. Grede se zabijaju u dno teškim maljevima. Nad gredom koju treba zabiti podiže se drven tronog s čeličnim koloturom na vrhu. Ručnim motovilom i jakim konopom diže se teški željezni *malj* i pušta s vrha tronoga da s visine padne na glavu stupa. To se ponavlja sve dok se uspravna greda ne zabije dovoljno duboko u dno rijeke.

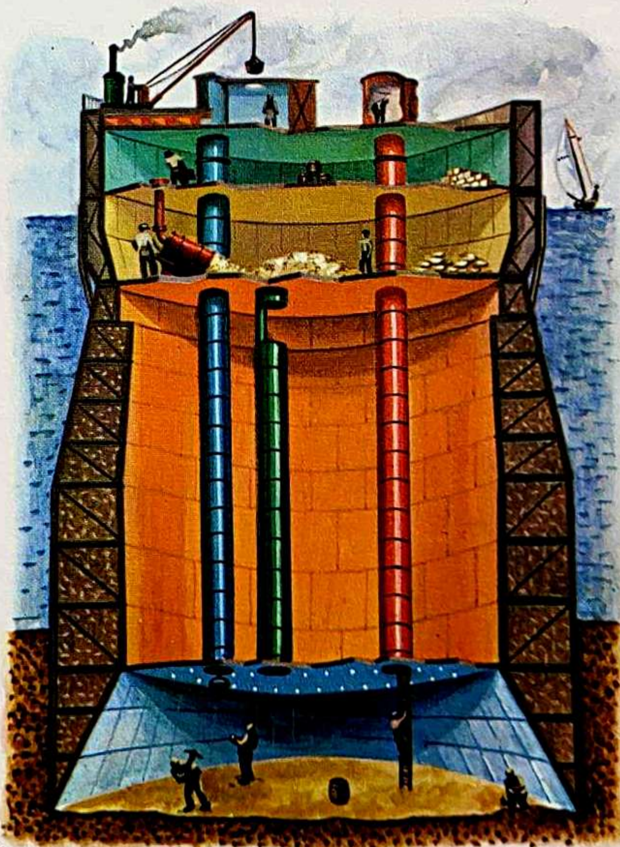
Armiranobetonske grede zabijaju se *parnim maljem*, obješenim na visokoj čeličnoj konstrukciji koja je montirana na plovnom pontonu. Malj se diže 50 do 100 cm kad se para pusti u cilindar malja ispod stapa, a kad se para naglo ispusti iz cilindra, malj pada na glavu grede i zabija je u riječno dno. Para se pušta u cilindar i ispušta iz njega ručnim ventilom, prema potrebi, svakih 10 do 20 sek.

Pojedine se grede od armirana betona zabijaju u riječno dno u grupama na onim mjestima gdje treba sagraditi glavne stupove. Nakon toga sve se zabijene grede jedne grupe međusobno spoje armiranobetonskim vodoravnim i kosim gredama, i tako se dobije glavni stup mosta.

Kesoni. Masivni stupovi mnogih velikih mostova izgrađuju se na kesonima (tal. cassone č. kasone = sanduk). Čitav keson izgrađen je kao uspravan valjak s čeličnim stijenama i doimlje se kao golema bačva što pluta uspravno na vodi.

Donji je rub kesona zaoštren i ispunjen betonom, osim u sredini, gdje prolazi okomita cijev. Dovršen keson dotegli se na određeno mjesto na rijeci, usidri se i zatim se bacanjem žitka betona u unutrašnjost optereti da sjedne na dno i svojim oštrim rubom prodre u riječni mulj ili pijesak.

Nakon toga se iz sredine kroz okomitu cijev isisava mulj i pijesak pomiješan s vodom sve dok se oštri rub ne zarije u dubinu riječnog korita do čvrstog kamenitog dna.



Presjek čeličnog kesona koji će kasnije, kad bude ispunjen betonom, poslužiti kao mostovski stup. Kroz jednu uspravnu cijev prolaze ljestvice. Kroz drugu se cijev tlači svježi zrak. Kroz treću cijev diže se iskopani šljunak, pijesak i kamen. Kad je dno muljevito i pjeskovito, radnicima nije posao težak, jer se kroz jednu cijev mulj sisaljkom crpe na površinu, ukrcava u teglenice i odvozi na duboku vodu gdje se izbacuje. Zračni tlak u kesonu mora biti uvijek veći nego tlak vode na riječnom dnu kako voda ne bi prodrla u unutrašnjost

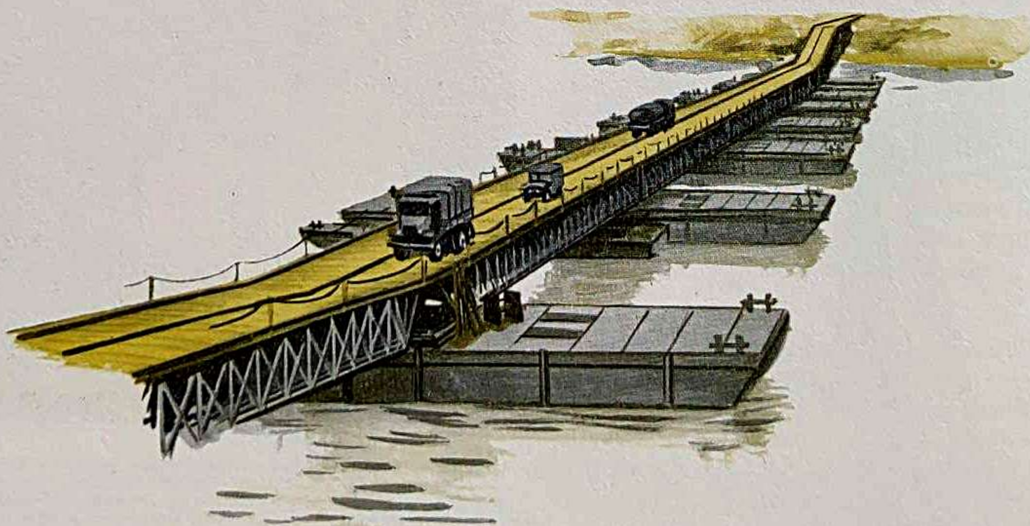
Ako je dno rijeke od tvrda materijala koji se ne može crpsti sisaljkama, keson se izrađuje s dvostrukim čeličnim plaštem. Povrh donjeg čunastog dijela ugrađuje se vodoravna nepropusna pregrada, a na vrh valjka dodaje se veliko čelično zvono, koje ga nepropusno zatvara. U tako zatvorenu kesonu ima nekoliko vodoravnih pregrada i okomitih cijevi. Kroz jednu cijev silaze i uzlaze radnici koji kopaju riječno dno. Kroz drugu cijev dižu se čelične posude s iskopanim materijalom, a kroz treću tlači se zrak, jer u unutrašnjosti kesona mora biti veći tlak zraka nego što je tlak vode na riječnom dnu tako da voda ne može prodirati u keson ispod donjih rubova. Zbog visoka tlaka radnicima je otešćan rad, a javlja se i *kesonska bolest*, slično kao kod ronilaca kad odviše naglo prelaze iz običnog tlaka u visok tlak i obratno. Bolest se sprečava tako da radnici ulaze u podvodno radilište i iz njega izlaze kroz pregrađene komore u okomitoj cijevi, gdje se tlak postepeno mijenja od komore do komore.

Pošto keson propadne u riječno dno dovoljno duboko da može poslužiti kao pouzdan temelj, odstrani se gornje zvono, a čitava se unutrašnjost ispuni mršavim betonom. Kad se betonska smjesa stvrdne i keson posve dovrši, na njemu se gradi gornji dio mostovnog stupa i polaže mostovna konstrukcija.

Pontonski mostovi sastavljeni su od više plovila koja su privremeno ili stalno privezana na malom razmaku jedno usporedno s drugim, a preko njih je položen drven ili čeličan kolovoz s jednim ili dva kolnika. Vojnici u ratu grade privremene pontonske mostove zbog prijelaska vojske i vojnih vozila preko rijeka, kanala i močvara. Ponekad je i u takvim mostovima jedan dio izgrađen tako da se može brzo otvoriti za prolazak brodova.

Ima i stalnih pontonskih mostova koji su sastavljeni od velikih armiranobetonskih pontona. Njihova je gornja ploha izrađena kao kolovoz sa dva ili više kolnika, ili je na pontonima izgrađena gredna rešetkasta rasponska konstrukcija, kao npr. u Carigradu preko Zlatnog Roga, ili na jezeru Washington (Vošington) kod Seattlea (Sietla) u SAD, gdje je preko 25 usidrenih armiranobetonskih pontona u ukupnoj dužini od 1999,8 m položena čelična rešetkasta konstrukcija duga 2116 m.

Sada vojne inženjerijske jedinice raspolažu različitim mehaniziranim dijelovima za gradnju mostova. Ima plovnih pontona, koji na palubi, na okretljivom ležištu, nose u uzdužnom položaju do 30 m dugu mostovsku konstrukciju. Pošto se ponton usidri usred rijeke, mostovska konstrukcija se zakrene u poprečni položaj i tako se dobije 30 m dug most. Ima pontona koji nose preklopljive dijelove mosta. Kad se takvi pontoni usidre usporedno na rijeci, preklopljivi se dijelovi prebace u vodoravan položaj preko bokova i međusobno spoje u neprekinut most s jednim ili dva kolovoza. Ima i samohodnih kopnenih vozila, oklopnih transportera pa i tenkova, koji na sebi nose dijelove mosta za prijelaz preko rijeke, kanala, močvare ili duboka rova. Ima i plovnih mostovskih konstrukcija s dizel-motornim pogonom, koja plove kao samohodna plovila, usidravaju se na rijeci, međusobno se spajaju i vrlo brzo sastavljaju čvrst i širok most. U modernoj vojnoj opremi ima mnogo različitih konstrukcija za brzu gradnju mostova, ali se mnoge od njih smatraju vojnom tajnom.

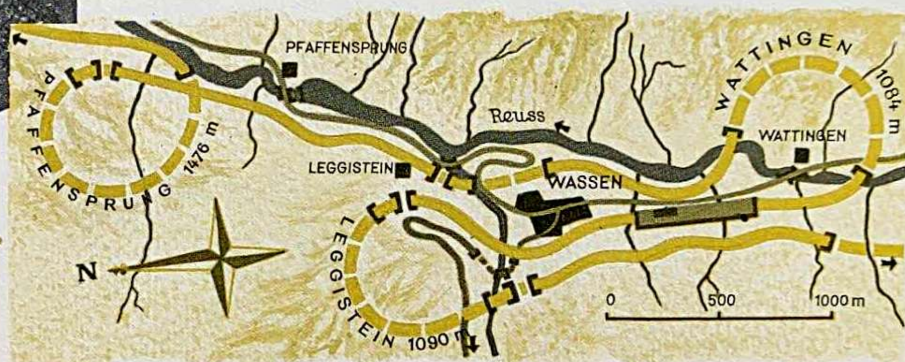


Vojni brzo rastavljivi pontonski most za najteža vozila i tenkove



Simplon, najdulji tunel na svijetu. 1898. počela su se prokopavati 2 usporedna tunela na razmaku od 17 m, glavni za željezničku prugu, a drugi za zračenje i odvodnju. Glavni je tunel dovršen 1906. Dug je 19 731 m. Drugi je tunel proširivan 1912—1922. radi polaganja drugog kolosijeka. On je dulji za 20 m. Razvođe je u tunelu na nadmorskoj visini 705 m, a kameni masiv iznad njega debeo 2200 m

Dolje: tunel S. Gotthard, dug 15 003 m, prokopavan 1872—1880. ima osim glavnog, nekoliko kratkih i 7 spiralnih tunela, od kojih je najkraći Wattingen (1084 m), a najdulji Freggio (1568 m). Oni spajaju dolinu rijeke Ticino na jugu s dolinom rijeke Reuss na sjeveru. Na slici je samo dio prorova sjeverno od glavnog tunela, gdje se pruga spušta spiralnim tunelima niz dolinu rijeke Reuss prema sjeveru



TUNELI

Tuneli su podzemni dijelovi nekoga prometnog puta. Razlikuju se brdski i podvodni tuneli, a prema putu koji vodi kroz njih dijele se na željezničke, cestovne i kanalske. Ima tunela koji nisu namijenjeni prometu, nego služe za navodnjavanje ili odvodnjavanje polja, za dovod vode za piće u gradove ili za pogon vodenih turbina u hidroelektranama. Prvi tuneli koje su gradili Asirci i Babilonci služili su za navodnjavanje polja. Rimljani su gradili tunele za vodovod u današnjem Rimu, Lyonu i Nimesu, a 5 km dugim tunelom proveli su kroz brdo odvodnju jezera Fucino (Fučino). Nakon propasti Rimskog Carstva zamrla je i gradnja tunela.

Tuneli su se ponovno prokopavali tek potkraj XVII st., kada se za razaranje stijena počeo upotrebljavati crni barut. Kako se u to doba najviše plovilo rijekama i kanalima, najčešće su se gradili kanalski tuneli. Prvi je prokopan tunel *Malpas* na kanalu Languedoc (Langedok) u Francuskoj (1679—81). Prva dva željeznička tunela prokopao je Stephenson pri gradnji pruge Manchester—Liverpool. Od tada pa do sredine XX st. gradili su se uglavnom samo željeznički tuneli.

Pošto su se razgranale željezničke mreže u pojedinim državama, osjetila se potreba da se glavne pruge produže preko granica i tako stvori jedinstvena mreža na cijelom kontinentu.

Mont Cenis. Od velikih željezničkih tunela kao prvi je prokopan 1871. onaj kroz Mont Cenis (Mon Seni, tal. Monte Cenisio, č. Monte Čenizio) između Francuske i Italije. Tim tunelom, koji je dug 13 655 m prolazi željeznička pruga kroz Alpe na visini od 1300 m. Tako je otvorena najbrža veza: London—Pariz—Torino—Brindisi i dalje brodom u Sueski kanal i Indiju.

Nakon toga prokopani su u Italiji *Apeninski tuneli* između Bologne (Bolonje) i Firence u ukupnoj dužini od 18 507 m.

Sankt Gotthard. Radi povezivanja njemačke željezničke mreže s talijanskom kroz Švicarsku prokopan je 1872—1880. drugi veliki alpski tunel Sankt Gotthard (tal. San Gottardo) koji je dug 15 003 m, ali da bi se željeznička pruga dovela na visinu od 1142 m, prokopana su s južne strane gothardskog sedla četiri i sa sjeverne strane tri spiralna tunela, a u svakom od njih pruga opisuje puni krug. Glavni inženjer Louis Favre (Lui Favr) iskoristio je iskustva francuskog fizičara Colladona i talijanskog inženjera Sommeillera, koja su oni stekli pri prokopavanju tunela Mont Cenis. Favre je upotrijebio pneumatske bušilice koje mnogo brže buše kamen a stlačeni zrak, osim toga, poboljšavao je i zračenje tunela.

Željeznička pruga se na južnoj strani penje uz dolinu, neprekidno vijuga, te vijaduktima i mostovima prelazi više puta rijeku Ticino, provlači se iz jednog tunela u drugi u kojima se spiralno penje do visine od 1142 m na južnom ulazu u glavni gothardski tunel. Pruga se i u tunelu dalje

penje dok dostigne visinu od 1154 m, a zatim se spušta, tako da na sjevernoj strani izlazi iz tunela na visini od 1109 m. Nakon toga se sa tri spiralna tunela spušta u dolinu rijeke Reuss preko koje opet vijuga i presijeca je mostovima i vijaduktima.

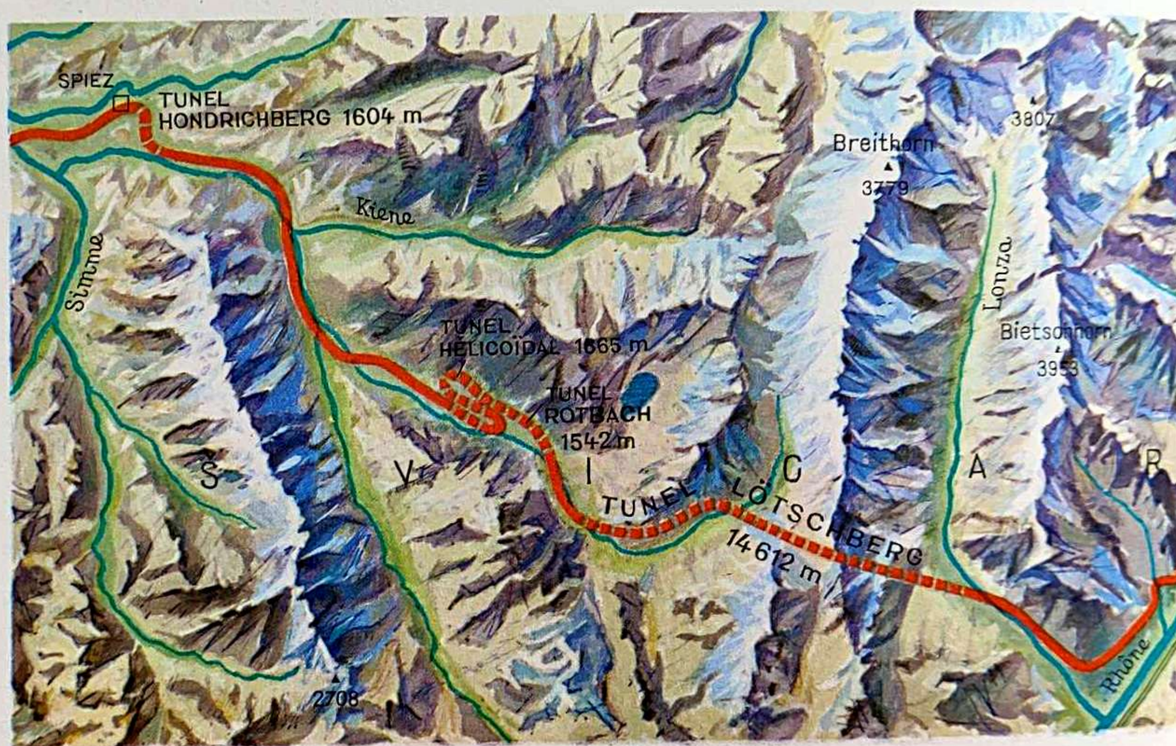
Simplon povezuje Švicarsku s Italijom. Ime je ovog tunela kod nas najpoznatije jer kroza nj prolazi Simplon-Orient-Express (v.) koji povezuje Jugoslaviju sa zapadnom Evropom i Prednjim istokom.

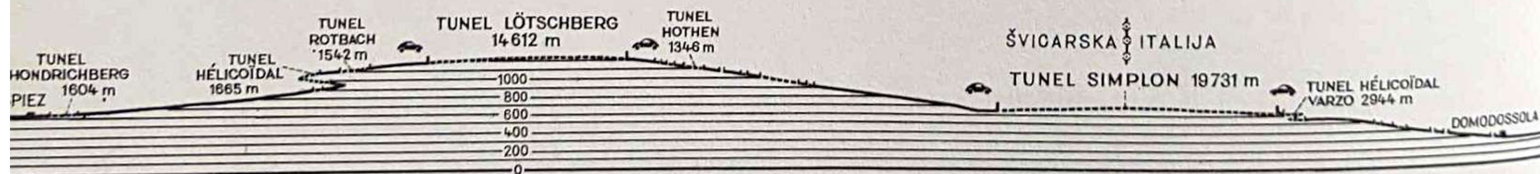
Preko prijevoja Simplon dao je 1809. Napoleon sagraditi kolsku cestu, koja je u to doba bila pravo čudo cestograđevne tehnike zbog smjelih zasjeka, usjeka, mostova, vijadukata, tunela i nadstrešnica koje su štitile cestu od lavina. Sagrađeno je na prijevoju i nekoliko zakloništa za zakašnjele putnike. Cesta je bila čuvena i po tome što je bila prolazna kroz čitavu zimu.

čela su se prokopavati dva paralelna tunela na razmaku od 17 m između Briguea u Švicarskoj i Iselle u Italiji. Kroz glavni tunel prošao je prvi vlak 1906, a drugi pomoćni tunel, koji se u početku prokopavao samo radi ventilacije i snižavanja temperature u glavnom tunelu, otvoren je tek 1922.

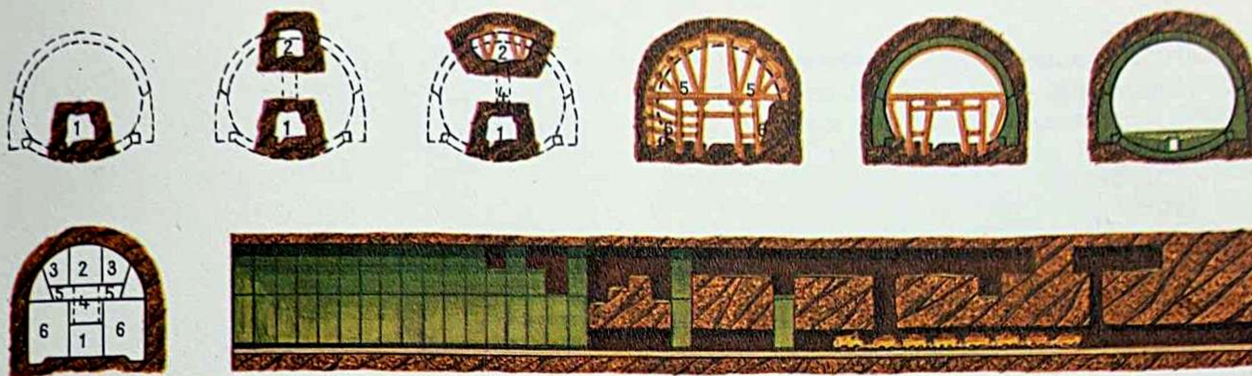
U to doba graditelji planinskih tunela u Francuskoj podijelili su se u dva tabora. Jedni su bili pristaše tunela kroz razvođe (tunel de faite, č. tinel de fet), a drugi su radije gradili tunele kroz podnožje (tunel de base, č. tinel de baz). Sankt Gotthard je primjer tunela kroz vrh razvođa: željeznička pruga se penje uz rijeku, vijuga i spiralno se diže u mnogo manjih tunela, a u glavni tunel ulazi visoko blizu vrha razvođa.

Simplon je primjer »tunela kroz podnožje«. On se probija kroz bazu Monte Leonea, kroz čitav planinski masiv u jednom mahu i izlazi na dru-





God. 1906. prokopan je tunel, koji se zove Simplon, i ako ne prolazi ispod simplonskog sedla, nego ispod istočnih obronaka Monte Leonea. On povezuje dolinu francuske rijeke Rhône s dolinom rijeke Toce u Italiji. Godine 1898. po-goj strani u dolinu Rhône. Iznad njega je kameni planinski masiv debeo 2235 m. Simplon se prokopavao s mnogo teškoća zbog visoke temperature između 45° i 55° i zbog iznenadnih prodora vode, kad se nekoliko puta moralo napustiti gradilište.



Jedan od načina prokopavanja velikih alpskih tunela. Najprije se bušilo donji srednji, a zatim gornji srednji rov. Na pravilnim razmacima kopali su se okomiti bunari, kroz njih se izbacivao odlomljeni kamen u vagone i odvozio iz donjeg rova. Nakon toga kopali su se dijelovi tunelskog profila. Dovršeni dijelovi oblagani su betonom i kamenom

Lötschberg je »tunel kroz razvođe« prokopan na visini od 1200 m. Prilazi su vrlo strmi, pa nagibi na željezničkoj pruzi mjestimično dostižu i 25 mm po 1 metru (25‰).

dužini od 1524 m. Zbog toga je taj dio tunela napušten i prokopavanje se nastavilo u luku da se izbjegne opasno tlo, ali je time prokop postao duži za punih 800 m.



Pošto je dovršen tunel Simplon i dovršena pruga između Domodossole (dolina Toce, Italija) i Briguea (dolina Rhône, Švicarska), trebalo je prokopati još Lötschberg, između Briguea (vis. 681 m) i Spieza (631 m), kako bi se povezala dolina Rhône sa zapadnom Evropom. Tunel Lötschberg, prokopavan 1907—1913. dug je 14 612 m, s najvišom točkom na 1244 m. Zanimljiv je spiralni tunel dug 1665 m, ali ipak kraći od sličnog tunela Varzo (2944 m) na simplonskoj pruzi (v. lijevo presjek)

Pošto je dovršen veliki alpski simplonski tunel odmah se osjetila potreba da se prokopa i susjedni planinski lanac Lötschberg (Lečberg), kako bi se promet od juga prema sjeveru mogao skrenuti prema Bernu, Baselu i sjevernoj Evropi.

Tunel se počeo prokopavati 1906, ali u julu 1908. dogodila se teška nesreća: odronila se golema stijena, a kroz ždrijelo je provalila bujica iz rijeke Kander. U tunelu je ostalo zatvoreno pet radnika, a prokop se ispunio zemljom u

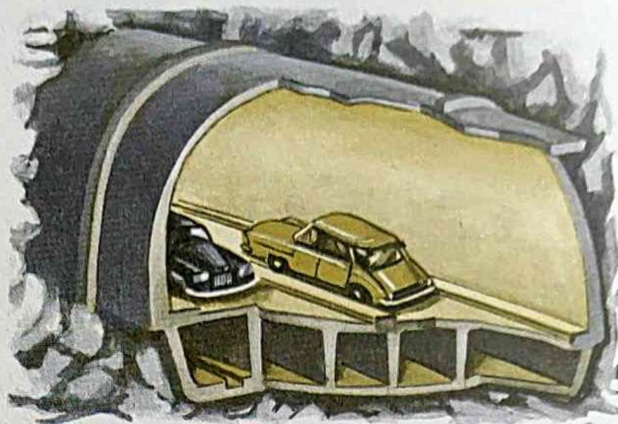


Dovršavanje ulaza u prvi simplonski tunel 1906.

Brdski tuneli. Nakon točne izmjere tla, radovi na prokopavanju tunela počinju na oba kraja i pomiču se prema sredini. Dugim motkama pneumatskih čekića od najtvrđeg čelika buše se u kamenu duboke rupe i pune se eksplozivom koji razbija kamen. Razdrobljeno kamenje odvozi se iz rova. Tuneli se mogu bušiti ili graditi na veoma mnogo načina.

Tunel se redovito ne prokopava odmah u cijeloj širini i visini, nego samo onoliko koliko zahvaćaju motke zračnih bušilica na jumbu. *Jumbo* (džambo) je vozilo s jakom platformom na visokim nogama koje se kreće na čvrstim kotačima po kolosijeku od čeličnih tračnica. Na platformi ima mnogo priključaka za električne svjetiljke, za komprimiran zrak, rashladnu vodu, električnu struju i dr. Bušioci rade na dvije razine, na donjoj ispod platforme i na gornjoj razini na platformi. Oni buše kamen dugim dlijetima koji se doimlju kao motke, a pokreće ih stlačen zrak. Svaka je motka zračnog dlijeta teška oko 27 kg i udara u kamen sa 3050 udara u minuti. Osam bušača napreduje jumbom od 6 do 10 m na dan. Bušači, prema tome, napreduju prema sredini tunela iz oba okna brzinom od oko 12 do 20 m na dan. Služeći se modernim mjernim spravama sastat će se točno u sredini tunela u ravnom smjeru i na istoj visini. Prije je sastanak bušača bio najveća briga, prava mòra inženjera. God. 1906. pri bušenju *Simplonskog tunela* pokazala se razlika od 60 cm, a 1953. u tunelu *Isère-Arc* (Izer-Ark) u Francuskoj razlika se smanjila na 28 cm. U novom cestovnom tunelu kroz Mont Blanc (Mon Blan), koji je prokopan 1962, nije bilo gotovo nikakve razlike.

Na jednoj i na drugoj strani iza jumba električna željeznica odvozi iskopani kamen. Međutim, da bi prokopavanje tunela išlo što brže, iz glavnog rova kopaju se uspravna okna do prave visine



Shematski presjek cestovnog tunela Veliki sv. Bernhard. Kanali su ispod kolnika za odvodnju, prozračivanje i za električne kabele

budućeg tunela, pa se ispod tunelskog stropa prokopava drugi gornji rov, koji se može bušiti na više mjesta s mnogo radnika i pneumatskih (zračnih) dlijeta kao što su oni na jumbu. Iskopani kamen baca se kroz uspravna okna u vagone željeznice u donjem rovu i odvozi se iz tunela. Na koncu se odstrani i onaj sloj kamena koji je ostao između gornjega i donjeg rova. Tunel za željezničku prugu ima u presjeku obično oblik potkove.

Posebna grupa radnika dovozi jamsko drvo i postavlja na pojedinim mjestima drvene podboke, a zidarska grupa gradi od jednog i drugog ulaznog otvora prema sredini betonsku ili kamenu oblogu. Na dnu svakog tunela gradi se odvodni kanal kojim se odvodi voda što prodire u tunel.

Prokopavanje velikih tunela nije lak posao. Temperatura u utrobi planine neprekidno raste što se dublje prodire k sredini. Pri bušenju najnovijeg tunela za automobile kroz Mont Blanc na talijansko-francuskoj granici vladala je u rovu toplina od 50°C, pa su se strojevi morali hladiti vodom. U rov se mora cijevima dovoditi svjež i iz



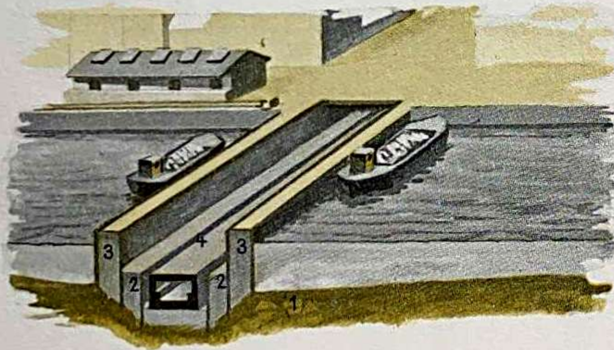
Ulaz u tunel Veliki sv. Bernhard s prilaznim mostom, koji je natkriven i zatvoren postepeno sve tamnijim staklom, kako bi se vozačima olakšalo privikavanje na danju svjetlost pri izlasku iz tunela i na tminu pri ulasku

njega odvoditi pokvaren zrak. Posebnim sisaljkama mora se neprekidno isisavati voda koja prodire u tunel kroz pukotine u kamenu. U mnogim tunelima velika opasnost prijeti od podzemne vode. Ona je zadavala velike teškoće i pri prokopavanju Simplonskog tunela. Voda koja se iz snijega i leda spuštala pukotinama u granitno srce planine, stvorila je prave podzemne bunare iz kojih je pod pritiskom od 100 atmosfera (100 kg po cm^2) prodrla nekoliko puta u rov i začas ispunila čitav prokop. U šest godina, koliko se kopao tunel, utopilo se u rovu 58 radnika i inženjera.

Zbog naglog razvoja i golemog porasta broja cestovnih motornih vozila, u posljednje vrijeme sve se više prokopavaju tuneli za moderne auto-putove. Najveći tunel za automobile prokopan je u Alpama kroz najviši vrh Evrope Mont Blanc.

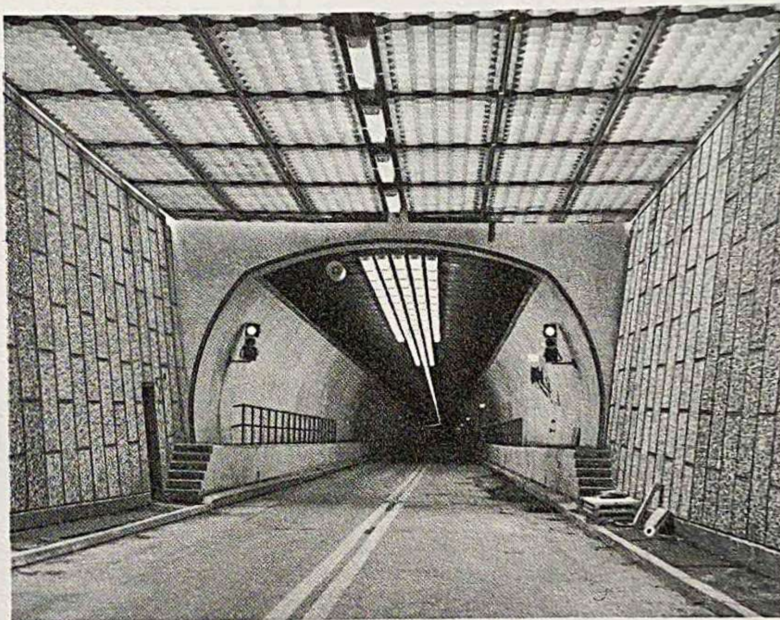
Desno: podvodni tunel ispod Temze, između Dartforda i Thurroka u Engleskoj, dug 1610 m, podijeljen je na odsjeke, koji se kontroliraju televizijskim kamerama, a slike se prenose na ekrane kontrolne ploče u nadzornoj postaji. Kroz tunel mogu prolaziti sva motorna vozila, a bicikli se prevoze kamionima osobite gradnje. Pri krajevima tunela, postavljena je, od sredine prema izlazima, postepeno sve jača rasvjeta, kako bi se postigao što blaži prijelaz iz relativno mračne unutrašnje rasvjete tunela na blještavu danju svjetlost

Dolje: gradnja tunela ispod kanala. Pošto se kanal zatvori branama prostor se između njih isuši i tunel gradi kao dug betonski sanduk. Kad se tunel dovrši, brane se odstrane, voda se pusti u zagat



Podvodni tuneli grade se na više načina. Mogu se prokopavati kao brdski tuneli u tvrdu tlu ispod korita rijeke ili morskoga dna. Drugi je način da se desno i lijevo od mjesta gdje će biti tunel zabiju duboko u riječno korito stupovi i tako podignu dvije usporedne brane. Zatim se između njih isiše voda i iskopa korito u kojemu se sagradi tunel od armirana betona toliko duboko da mu tjeme ostane ispod riječnog dna. Kad se brane odstrane, voda prekrije tunel. Treći je način da se tunel kopa s jedne obale prema drugoj u velikoj čeličnoj cijevi koja se neprekidno produžuje. Ispred cijevi je debeo, jak i prema naprijed zaoštren produžetak, koji se hidrauličkim tijescima potiskuje prema naprijed onoliko koliko se iskopa zemlje ili odlomi kamena. Četvrti je način da se čitav kostur tunela sagradi od čeličnih rebara koja su iznutra i izvana opločena čeličnim pločama kao brod. Kad se dotegli do određenog mjesta i unutrašnjost ispuni betonom, čelična konstrukcija potone na dno. Tada se ispod nje u zatvorenu kesonu iskapa zemlja, pa betonski tunel propada sve dotle dok mu se tjeme spusti ispod riječnog dna.

Sada se podvodni tuneli grade i tako da se na riječnoj ili kanalskoj obali izdube gradilište koje je dovoljno prostrano i toliko duboko da mu je površina ispod razine rijeke. Gradilište se opkoli nepropusnim nasipom i u tako nastalom basenu gradi čitav tunel kao velika cijev ili sanduk od armiranog betona. Kad se beton stvrdne, rastvori se nasip s riječne strane i gradilište se napuni vodom. Nakon toga se tunel, koji je u vodi postao znatno lakši, privuče sa suprotne obale čeličnim kabelima i potopi na određeno mjesto. Naposljetku se oba kraja tunela spoje s obalnim prilaznim putovima.



Tuneli su vrlo skupe građevine, redovito najskuplje na cestama, željezničkim prugama i kanalima, ali oni su ponajčešće jedina mogućnost da se spoje prometnom žilom dva prirodna područja što ih rastavlja neprebrdiva planina. Auto-putovi bi se mogli provesti preko takve planine nešto jeftinijim serpentinama, ali bi put bio mnogo duži i opasniji, a zimi bi bio nekoliko mjeseci redovito neprolazan. Kanali i željezničke pruge morale bi se pred planinom prekinuti. Putnici i roba morali bi se prebacivati preko planine opasnim cestama. Kroz tunel put je najsigurniji i najbrži, pa se skupocjena gradnja uvijek isplati već za nekoliko godina.

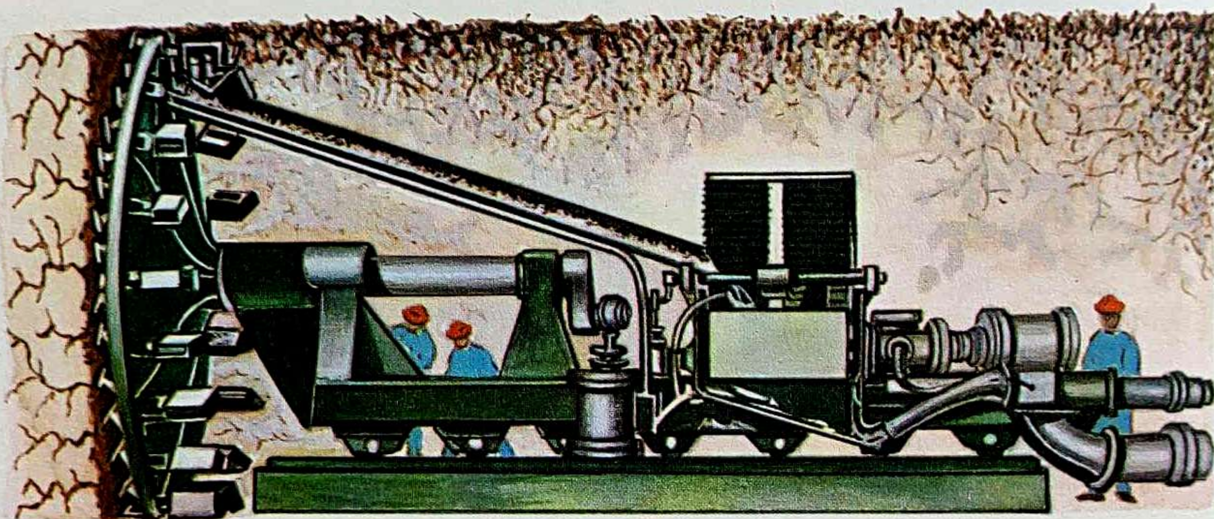
Željezničke pruge su to ekonomičnije što se njima mogu kretati duži i teži vlakovi sa što slabijom vučom. Tako je npr. u Mauritaniji u Africi sagrađena pruga na posve ravnu pustinjskom tlu kojom voze teretni vlakovi teški 15 000 t natovareni željeznom rudom. (U Evropi su vla-

kovi teški 3000 t velika rijetkost.) Cijena prijevoza rude na toj pruzi nije mnogo veća od vozarine prekooceanskog motornog broda. Ali, takve prirodne uvjete kao što su u Mauritaniji ima vrlo malen broj pruga. Obično svaka od njih mora krivudati po razvedenu tlu, mora se spuštati u doline i penjati na bregove i planine. Ni najvrsniji inženjeri ne mogu na takvu zemljištu graditi ravne i vodoravne pruge. Oni ih mogu izravnati samo tako da usjecima, zasjecima i tunelima sijeku kose, zasijecaju rtove i probijaju brda, a vijaduktima i mostovima ublažuju zavoje u dragama i uvalama. Ne može se na razvedenu tlu graditi ni pruga posve vodoravno. Jedino je što se može učiniti da se u dolinama pruga što više podigne na vijadukte ili nasipe, a u brdima što niže spusti u duboke usjeke ili u tunele.

Komisija je već u početku odbacila projekt o gradnji modernije flote za prijevoz vlakova, automobila, robe i putnika jer bi je trebalo neprekidno dograđivati i modernizirati, a takvo je stanje i sada. Magla i olujno more bile bi i za modernu flotu velike smetnje.

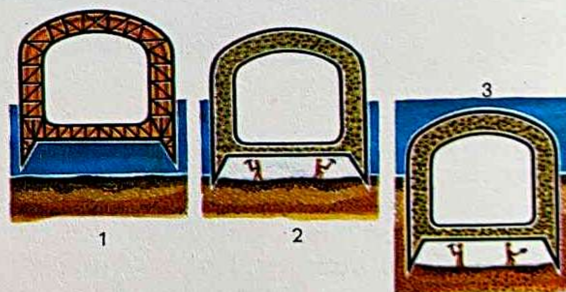
Nakon toga proučena je gradnja mosta. Komisija je izabrala najbolji prednacrt za most, ali se nije odlučila ni za nj. Most bi bio dva puta skuplji od tunela, a s prometnog i ekonomskog gledišta bio bi nepovoljniji od brodova. Teško bi se našao i potreban kapital jer bi se golemi troškovi vrlo sporo otplaćivali.

Dolje: graditelj čuvenih ekspresnih parnih lokomotiva, engleski inženjer Crampton (1816—1888), prvi je predložio da se ispod kanala La Manchea prokopa željeznički tunel iz Engleske u Francusku. On je nacrtao i parni stroj kojim bi se bušio dugi podmorski tunel



Podmorski tunel ispod kanala La Manchea. Kad su se željezničke mreže pojedinih država povezale prugama preko granica, počelo se pomišljati i na gradnju tunela ispod morskog kanala koji dijeli Veliku Britaniju od Francuske. Engleski inženjer Crampton, graditelj prvih ekspresnih lokomotiva koje su se nazvale njegovim imenom, izradio je 1865. ne samo plan za podmorski tunel sa svim proračunima, nego i nacrte za golemu parnu bušilicu kojom bi se mogao prorovati tunel duboko ispod morskog dna s relativno malo radne snage. Međutim, nijedan od mnogih planova nije prihvaćen, uglavnom zbog golemih troškova i zbog želje Velike Britanije da ostane izolirana otočka pomorska velesila sigurna od invazija s kopna.

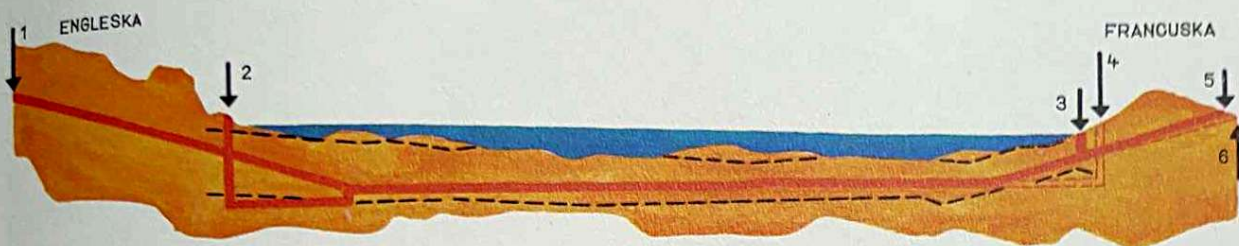
Čini se da je sad došlo vrijeme kad bi se davna želja trgovačkih krugova mogla ispuniti. S obje strane Kanala izrađeno je mnogo različitih planova i određena je francusko-britanska komisija stručnjaka koja ih je proučila i predložila najpovoljnije rješenje. Trebalo se odlučiti za tunel, za most ili za modernije brodove.



Jedan od načina gradnje podmorskog tunela: 1. čelična okosnica tunela, 2. okosnica ispunjena betonom potonula na morskom dnu, 3. vađenjem pijeska iz kesona, tunel tone do vrha u morsko dno

Osim toga most bi imao i drugih nedostataka: bio bi golema smetnja plovidbi i opasna prepreka u tom maglovitom kanalu; u ratu bi bio vrlo osjetljiv cilj upravljivih projektila; prije gradnje morali bi se voditi dugi međunarodni pregovori i sklapati pomorski, zračni, vojni i politički ugovori.

Pošto se komisija odlučila za tunel, obje su se vlade morale odlučiti i za vrstu tunela. Mnogi su predlagali tunel za željeznički i cestovni promet, ali se pokazalo da bi takav tunel bio vrlo skup



Skica jednog od projekata za bušenje tunela ispod Doverskog tjesnaca, između Engleske i Francuske. 1. ulaz kod Westenhangera u Engleskoj, 2. rov za odvodnju i ventilaciju, 3. rov za ventilaciju, 4. liftovi za brz ulazak u kontrolni tunel, 5. izlaz glavnog tunela kod Sangattea u Francuskoj, 6. izlaz pomoćnog tunela

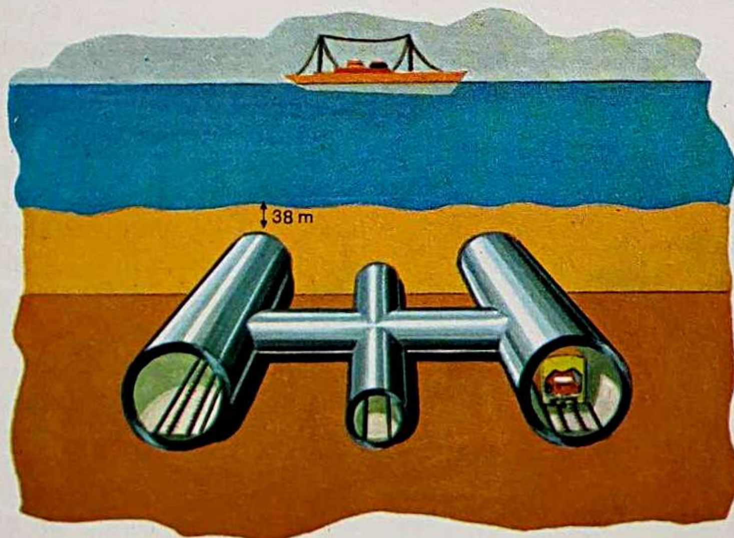
jer bi se morali bušiti okomiti bunari za prozračivanje i na tim mjestima graditi umjetni otoci, koji bi bili još veće zapreke u maglovitim vodama, nego stupovi mostova. Preostao je, dakle, željeznički tunel, kojim bi prolazili velikom brzinom specijalni dvokatni i samokretni električni vagoni. Takav tunel prihvatili su i stručnjaci francusko-engleske komisije.

Tunel bi bio dug 51 km, od toga bi se prostirao 37 km ispod mora, a 14 km ispod obalnih terena. Ispred jednog i drugog ulaza sagradili bi se veliki kolodvori s najmodernijim uređajima i oprema za brz utovar i istovar, za svrstavanje tunelskih i običnih željezničkih vagona, i dr. U Francuskoj bi se kolodvor nalazio blizu mjesta Sangattea. a u Engleskoj blizu Westenhangera (Vestnendžera). Razdaljina bi između njih bila 70 km.

Bušila bi se, zapravo, tri tunela. Dva glavna, s promjerom od 6,5 m, i između njih pomoćni tunel od oko 3 m za pomoćne uređaje i prometnu službu. Sva tri tunela bila bi na podjednakim razmacima međusobno spojena poprečnim rovovima. Specijalni električni samokretni dvokatni vagoni prolazili bi kroz tunel oko 45 minuta. (Od kolodvora do kolodvora sa zadržavanjem za granične preglede oko 56 minuta.) Kapacitet bi bio oko 3000 takvih vagona na sat, s maksimumom od oko 3600 vagona na sat u svakom smjeru.

Prema proračunu od 1964. izgradnja bi takvog tunela stajala oko 2 milijarde franaka (143 milijuna funti sterlinga). Međutim, još nije konačno odlučeno da li bi se tunel bušio u dubini od 38 m ispod najdubljeg dna u Kanalu, koji je na tom mjestu dubok oko 47 m, ili bi se gradio tunel u dijelovima na kopnu, sastavljao se i potiskivao na more, doteglio na određeno mjesto i spustio na morsko dno. Ipak, većina građevinskih stručnjaka smatra da bi tunel na dnu bio blizu obala izložen valovima, a u dubini strujama i drugim opasnostima. Prorovani kanal duboko u morskom dnu bio bi mnogo sigurniji u svakom pogledu, i ako nešto skuplji.

Najdulji tuneli: *željeznički tunel* Simplon između Švicarske i Italije dug je 19 803 m, *cestovni tunel* Mont Blanc između Italije i Francuske dug je 11 600 m, *podmorski tunel* između otoka Honshu i Kyushu (Honšu i Kjušu) u Japanu dug je 7 363 m, *kanalski tunel* Rove ispod brda na plovnom kanalu Marseille-rijeka Rhône u Francuskoj, dug je 7120 m. Najduži tunel u Jugoslaviji prolazi kroz Karavanke i spaja Jugoslaviju (Hrušica kod Jesenica) s Austrijom (Rosenbach); dug je 8016 m.

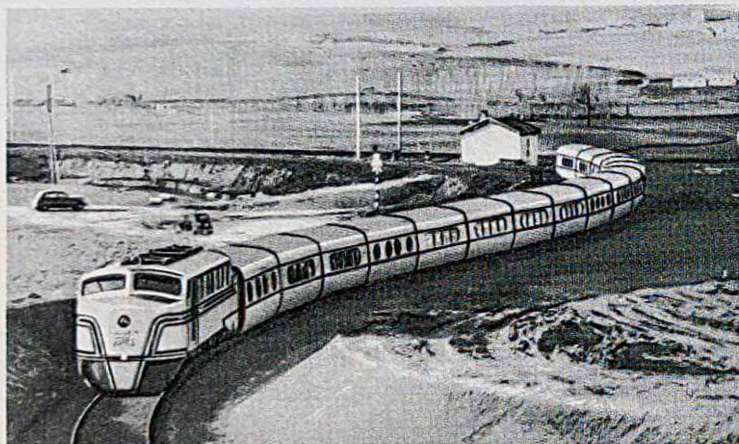


Prema jednom projektu bušila bi se ispod kanala La Manchea tri tunela, dva za osobite vlakove, a treći srednji za odvodnju, uređaje, ventilaciju i kontrolu

ŽELJEZNICE



Trevithick je, za okladu, u roku od 6 mjeseci izradio prvu parnu lokomotivu. Njegov vlak s 10 t željezne rude i 70 radnika, krenuo je na prvu vožnju, brzinom od 8 km na sat, 21. II 1804. iz rudnika Pen-y-Daran do pristana Abercynon. Pod 5 t teškom lokomotivom lomile su se slabe tračnice, a kako vlasnici rudnika nisu htjeli položiti jače, jer su za konjsku vuču i stare bile dobre, lokomotiva je uskoro rastavljena, a parostroj upotrijebljen za kovanje novca



Španjolski vlak »Talgo« s kratkim vagonima. Svaki vagon (za 16 putnika) leži prednjim krajem na onome ispred njega, stoga taj vlak može voziti i veoma zavojitom prugom

Prvi počeci. Željeznicom se nazivaju tračnička (šinska) vozila koja se kreću na čeličnim kotačima po čeličnim tračnicama (kolosijeku). Tračnička vozila imaju dvije glavne prednosti: manji je otpor kretanju kola po glatkom kolosijeku nego po hrapavoj cesti i veća je sigurnost vožnje jer kotačima upravljaju tračnice pa kola ne mogu skrenuti s kolosijeka desno ni lijevo.

Za prednosti kolosijeka znali su mnogi narodi u davnoj prošlosti i do sada su očuvani ostaci kolotraga koji su bili uklesani u kamenu stancu ili u pločama u Asiriji, na Kreti i Malti. Ilirski i rimski kolotrazi u živom kamenu mogu se vidjeti i danas kod nas i na nekim alpskim prijevojima.

Prije tri stoljeća upotrebljavali su se u rudnicima drveni kolotrazi po kojima su konji vukli kolica natovarena rudom i ugljenom. Godine 1783. položene su u engleskom rudniku Whitehaven (Vaitheivn) po svim kolotrazima željezne ploče, kojima su se zaštitile drvene gredice da se manje troše. Te godine prvi put su se kretala kolica sa željeznim kotačima po željeznim kolotrazima. To je, dakle, bila prva željeznica, ali sa stočnom spregom. Međutim, konji su teglili po željeznim, a kasnije i po čeličnim tračnicama, teretna pa i putnička kola još punih sto godina. Najduže se konjska sprega održala na gradskim željeznicama, a istisli su je električni tramvaji ponegdje tek u XX stoljeću.

Prve parne lokomotive. Iz prve knjige ovog djela poznato nam je da je prva parna kola izradio francuski artiljerijski oficir *Nicolas Cugnot* 1769. Čuveni graditelj parnih strojeva *James Watt* izradio je 1789. nacrt za lokomotivu koja se imala kretati po tračnicama, što ih je te godine izumio *William Jessop* (Džesop). Međutim, tu lokomotivu Watt nije ni pokušao izraditi.

Lijevo: Richard Trevithick (1771—1833) zaslužuje da ga se smatra izumiteljem i graditeljem prve parne željeznice

Richard Trevithick (Trevithik) i njegov bratić Andrew Vivian (Endru Vivien) izradili su 1789. parna kolica, a kasnije i parnu diližansu koja se kretala po cesti, ali su pri iskušavanju tih parnih kola nailazili na svakojake smetnje i zapreke.

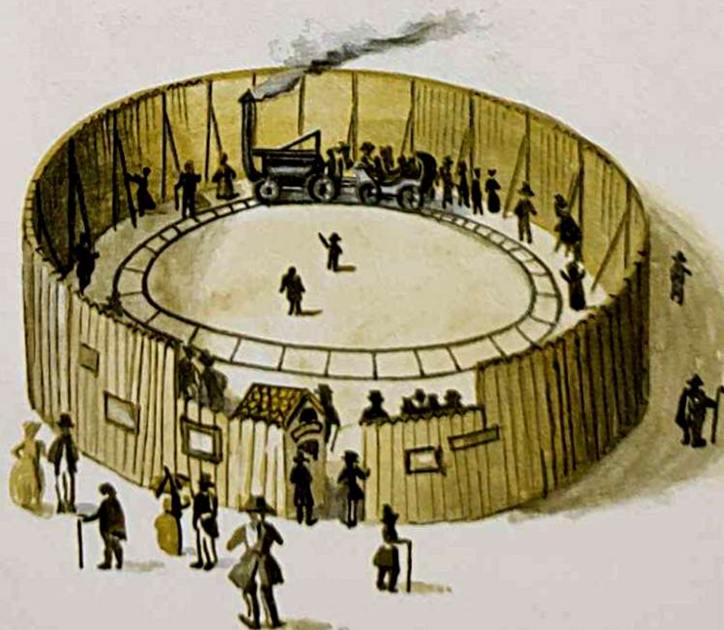
Ogorčen zbog takvih smetnji, Trevithick je napustio parne diližanse i posvetio se izradbi visokotlačnih sisaljki, ali ipak nije prestao misliti na parna kola na tračnicama, na lokomotivu. Jednom je u Južnom Walesu (Velsu) promatrao kako iz rudnika konji teškom mukom vuku po tračnicama male vagone natovarene željeznom rudom. To ga je podsjetilo na njegovu staru zamisao da sagradi vagon s parostrojem pa je vlasniku rudnika Hillu predložio neka mu odobri izradbu parostroja koji bi po tračnicama odjednom vukao 10 tona rude. Ni Hill, ni njegovi inženjeri nisu vjerovali da bi se nešto takvo moglo ostvariti. Trevithick se s njim okladio za 500 funti da će parostroj izraditi za šest mjeseci. Odmah se dao na posao i 1804. izradio parostroj prije dogovorenog roka. Na dan pokusne vožnje stanovnici iz čitavog kraja okupili su se da vide kako će završiti oklada. Trevithickov *vučni vagon* (tram-wagon) stajao je na tračnicama sa pet vagona u kojima je bilo natovareno 10 tona rude. Kad je Trevithick stavio vučni vagon u pogon, opazio je da može s pola snage pokrenuti čitav vlak. Pozvao je tada Hilla i njegove inženjere da sjednu u prvi vagon, a radnici su nagrnuli u ostale vagone, i tako je vlak krenuo sa 10 tona rude i 70 putnika. Prugu od 16 km prevalio je za četiri sata. Trevithick je dobio okladu. Njegova je lokomotiva mjestimično dostizala brzinu od 8 km na sat.

Trevithickova lokomotiva nije ostala dugo u upotrebi jer su se doskora pojavile teškoće. Lomile su se tračnice od ljevenog željeza koje nisu mogle izdržati tolik teret, pa se opet moralo prijeći na konjsku spregu.

Trevithick ipak nije odustao od svoje zamisli. Izradio je novu lokomotivu i u Londonu sagradio okruglu prugu od 60 m promjera, ogradio je daskama i otvorio novu zabavu: za jedan šiling mogli su se ljudi voziti na njegovu vlaku kako se sada djeca voze na vrtuljcima. Nekoliko je nedjelja parna željeznica bila prava senzacija za London, ali jednoga dana opet Trevithicka snađe nesreća. Pukla je jedna tračnica, lokomotiva je iskočila iz kolosijeka i prevalila se. Nitko nije bio povrijeđen, ali su ljudi izgubili povjerenje u to vozilo. Trevithick je tada prodao lokomotivu nekoj brusionici, pa je njezin stroj još mnogo godina okretao brusove.

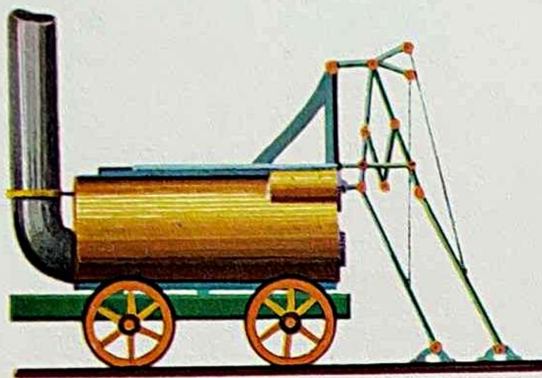
Trevithickova je lokomotiva bila izvrsno građena. Imala je mnogo dijelova kakvi se još i danas upotrebljavaju: unutrašnje ložište u kotlu, povećanu ogrjevnu površinu ugrađenom ogrjevnom cijevi, dimnjak kroz koji je izlazila para i povećavala propuh u ložištu, pa je ugljen bolje izgarao itd. Doista, samo je nesretan sticaj prilika učinio da se danas Trevithick ne smatra pravim izumiteljem željeznice.

Hadleyev Puffing Billy. Danas nam je čudnovato kad pomislimo koliko su se inženjeri bojali da će kotači lokomotiva kliziti po glatkim željeznim tračnicama. Nepovjerenje u trenje kotača o tračnice usporilo je razvoj lokomotiva barem za deset godina. Trevithick je obio kola lokomotive *Invicte* oštrim čavlima, koji su se utiskivali u drvenu letvu pričvršćenu uz tračnicu. *Blenkinshop* (Blenkinšop) i *Murray* (Marej) postavili su na kotače zupce a u tračnice utore, pa je takva prva zupčasta lokomotiva vukla vlak i uz uspon od 60‰ brzinom od 5 km na sat. Izumitelj *Brunton* (Brantn) sagradio je lokomotivu s polugama što su se doimale kao noge, koje su je imale potiskivati od zemlje duž kolosijeka; ta je lokomotiva eksplodirala već na pokusnoj vožnji. Braća *Chapman* (Čepmen) upotrijebila su nategnut lanac



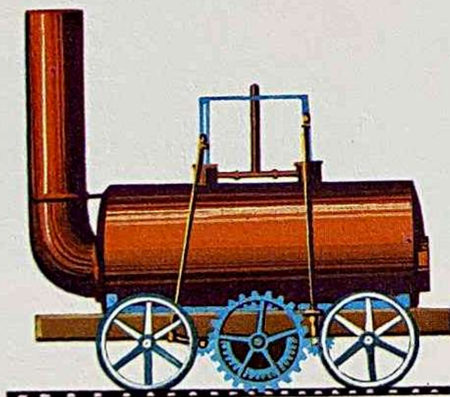
Trevithick je 1808. izradio drugu manju lokomotivu i nazvao je: »dostigni me ako možeš«; dopremio ju je u London na trg Euston, gdje je položio kružnu prugu ograđenu plotom. Tko je htio gledati kako lokomotiva vozi, morao je platiti ulaznicu od 5 šilinga, ali ako je platio još 1 šiling mogao se voziti u vagonu punih deset minuta

usred kolosijeka, a ispod lokomotive namjestili su užlijebljen bubanj koji je žljebovima hvatao karike.



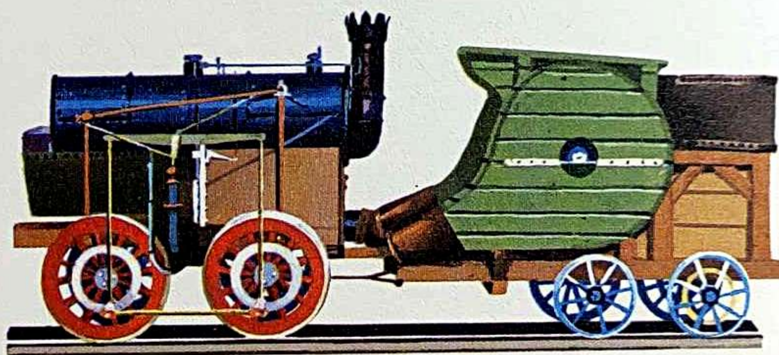
Thomas Brunton je 1812. izradio parnu lokomotivu, koja je iza kotača imala i dvije poluge, kao dvije noge. One su imale potiskivati lokomotivu od tla duž kolosijeka. Lokomotivi je eksplodirao kotao za prve vožnje

Desno: Francuz Marc Seguin je 1829. izradio, za prugu Saint Étienne—Lyon lokomotivu s vatrocijevnim kotlom i umjetnim propuhom s pomoću okretljivog puhala. Voda za kotao dovodila se kožnatim rukavcem



Tek godine 1814. dokazali su uspješnim pokusima *Christopher Blackett* (Bleket) i nadzornik *William Hedley* (Hedli) da je trenje između glatkih kotača i tračnica dovoljno za vuču ako je lokomotiva teška. Njihova je pokusna lokomotiva *Puffing Billy* (Pafing Bili), usprkos šaljivu nadimku bila vrlo dobra i vukla je vagone natovarene rudom punih pedeset godina. Puffing Billy čuva se i sada u muzeju u Londonu. Gotovo u isto doba sagradio je i *George Stephenson* (Džordž Stivnzen) svoju prvu lokomotivu s glatkim kotačima, koja je izvrsno vukla vagone i nije klizila po tračnicama.

George Stephenson u devetnaestoj godini još nije znao ni čitati ni pisati. Bio je dijete siromašnih roditelja, pa je djetinjstvo proveo u oskudici. Otac je kao pomoćni strojar nadzirao parne sisaljke za vrlo nisku nadnicu, pa je i George morao raditi. Po danu je bio kočničar u rudniku, navečer je pomagao susjedu postolaru, a u noći je marljivo učio jer je htio najprije da nauči čitati kako bi mogao proučavati knjige o fizici i strojevima. Kad je uštedio toliko novaca da je mogao iznajmiti i urediti skromnu kućicu, oženio se i uskoro dobio sina. Ali sreća nije dugo potrajala. Najprije mu je umrla žena, a nešto kasnije oslijepio otac. George je svojim radom uzdržavao otad oca, majku i sina. Danju je radio, a noću učio.



Lijevo: Englezi Blenkishop i Murray izradili su lokomotivu s vatrocijevnim kotlom. Kako nisu vjerovali da će trenje između glatkih kotača lokomotive i čeličnih tračnica biti dovoljno za vuču, postavili su na kotače zupce, a na tračnice utore. Njihova je zupčasta lokomotiva vukla vlak uz uspon od 60‰ brzinom od 5 km na sat

U svakom rudniku ima mnogo dizala koja dižu ugljen iz okna. Dizala su u to doba imala konopljena užeta, a kudjelju za konope Engleska je uvozila iz Rusije. Kako je zbog rata bio prekinut promet s Rusijom, ponestalo je kudjelje, pa su vlasnici rudnika prigovarali inženjerima da se užeta na dizalima brzo troše. Stephenson je čuo taj prigovor, razmislio je što bi se moglo uraditi i dosjetio se da bi se užeta manje trošila, a podnosila bi i veća opterećenja kad bi se drukčije provukla kroz koloture. Svoju je misao povjerio glavnom inženjeru i nacrtao mu kako bi to uradio. Inženjer je odmah vidio da Stephenson ima pravo pa je po njegovu nacrtu dao pregraditi sva dizala.

Poslije nekoliko dana provalila je voda u rudničke rovove i preplavila ih. Neko su vrijeme sve sisaljke radile punom parom, ali su se ubrzo jedna za drugom počele kvariti. Svi su klonuli duhom, osim Stephensona.

On je za osam dana posve pregradio najveću sisaljku koja je za dva dana iscrpla svu vodu iz rudnika. Za priznanje je imenovan prvim strojarom u rudniku.

Poslije nekoliko nedjela Stephenson se prihvatio novog posla. On je vidio koliko su muke goničima i radnicima zadavali konji koji su vukli vagone s ugljenom iz rudnika u luku. Odlučio je stoga da konjsku spregu zamijeni parnom lokomotivom jer je ugljena i vode bilo u izobilju. Deset je mjeseci crtao i uz pomoć najboljeg kovača izrađivao dijelove, sastavljao ih i gradio prvu lokomotivu kojoj je dao ime *Blucher* (Blačer). Imala je duguljast vodoravan kotao, ložište straga, a dimnjak sprijeda. Plamen je prolazio kroz kotao slično kao na današnjim lokomotivama. Stephensonova lokomotiva krenula je s prvim teretnim vlakom 25. VII 1814. i otad je redovito vukla 8 vagona sa trideset tona ugljena brzinom od 6 km na sat.

Stephenson ipak nije bio zadovoljan jer je lokomotiva trošila mnogo ugljena, a proizvodila malo pare. Stoga je 1823. sagradio lokomotivu *Mylord* (Milord) na kojoj je bio znatno veći kotao. Da poveća trenje između oba pogonska kotača i tračnica, povezao je kotače s desne i s lijeve strane lokomotive najprije lancem, a kasnije vodoravnom željeznom polugom, pa su otad vukla sva četiri kotača umjesto dva. Takve poluge imaju lokomotive i sada.



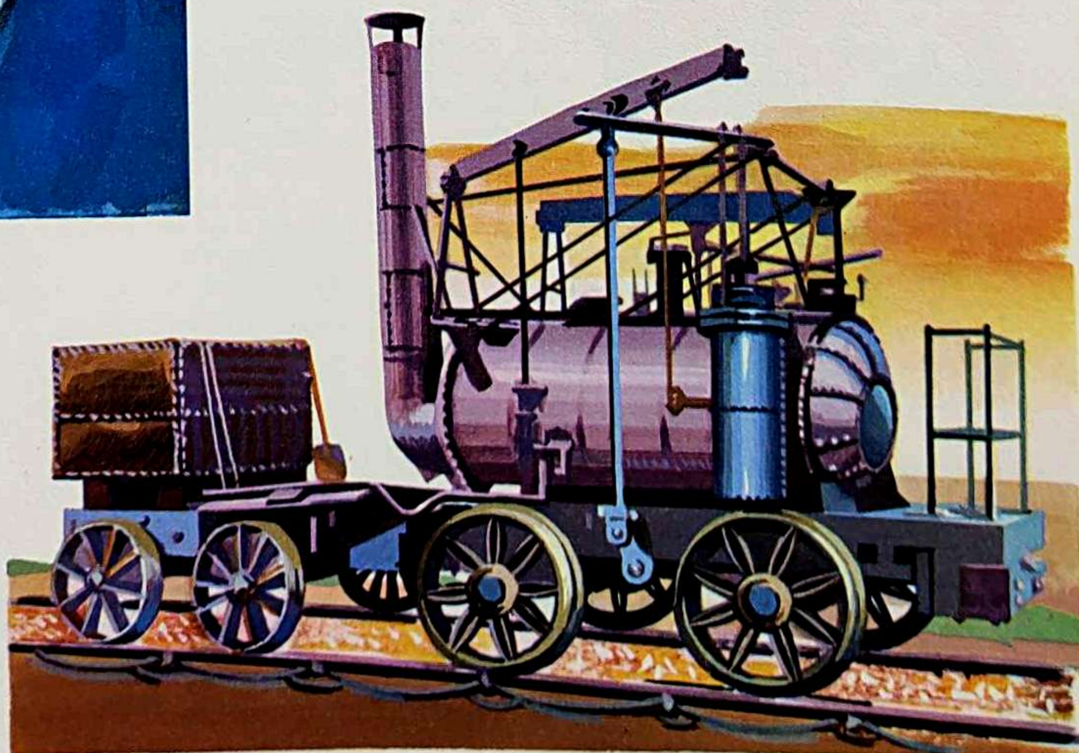
George Stephenson (1781—1848) graditelj čuvenih lokomotiva, pruga i mostova

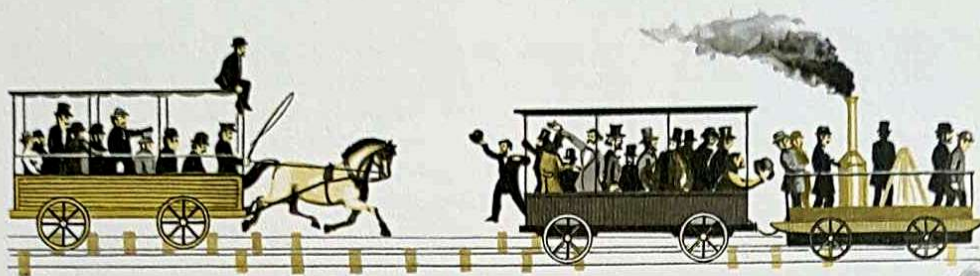
Uskoro je Stephenson sagradio i treću još bolju lokomotivu. Prvi teretni vlak bio je spreman za polazak, a oko njega se okupilo više od tisuću ljudi da vide hoće li vatreni konj povući 34 vagona: jedan zatvoren za direktora poduzeća, 21 otvoren s klupama za putnike i 12 teretnih s brašnom i ugljenom. Prema zakonu koji je još bio na snazi, ispred vlaka je jahao konjanik sa crvenom zastavom. Kad se vlak malo udaljio, Stephenson je dao znak konjaniku da se ukloni, i potjerao lokomotivu brzinom od 20 km na sat.

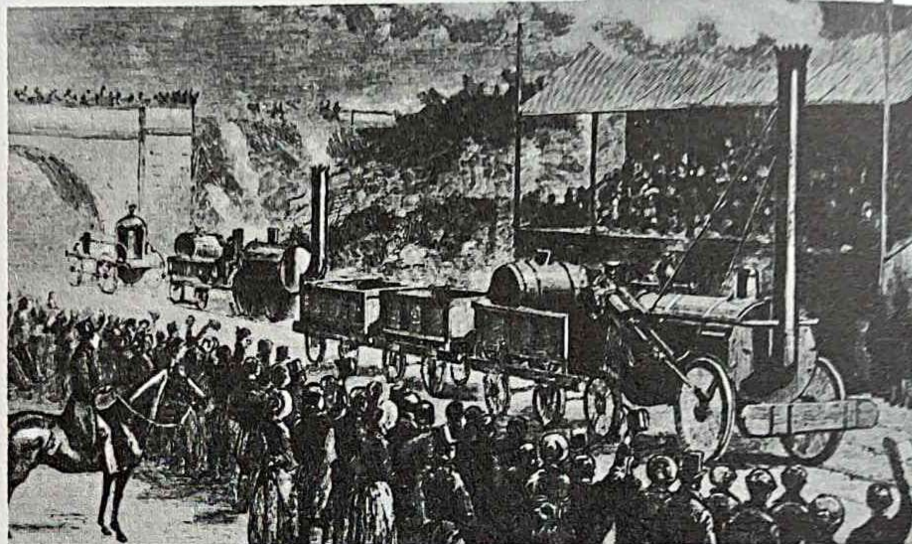
U rudniku Hetton (Hetn) u Sunderlandu (Sanderlendu) bilo je godine 1820. već 5 Stephensonovih lokomotiva koje su na ravnom dijelu pruge vukle vagone od rudnika do obale rijeke Wear (Vir). Na usponima vagone su teglili s pomoću užeta parni strojevi, sagrađeni pored pruge.

Na svoj četrdeseti rođendan Stephenson je doznao da industrijalac *Edward Pease* (Piz) namjerava sagraditi novu prugu između Stocktona i Darlingtona po kojoj bi konji vukli vagone, kako je to bilo uvedeno između drugih gradova. Stephenson je dugo nagovarao Peasa da umjesto konjskih sprega uvede lokomotive. Kad je on konačno pristao, Stephenson, koji je dotad već izradio 16 lokomotiva, napustio je rudnik, zauvijek se posvetio gradnji »vatrenih konja« i 1823. utemeljio u Newcastleu (Njukaslu) prvu tvornicu lokomotiva na svijetu. Godine 1821. prihvatio se kao prvi inženjer gradnje pruge između *Stocktona* i *Darlingtona*, a u tvornici je počeo graditi nove lokomotive. God. 1825. dovršena je prva tvornička lokomotiva *Locomotion* (Lokomošn), teška 6,5 tona. Sada se nalazi u predvorju Sjevernog kolodvora u Darlingtonu.

Najstariju do sada očuvanu lokomotivu »Puffing Billy« izradio je 1813. Hedley. Ona je vozila do 1864, kad je smještena u tehnički muzej Londona







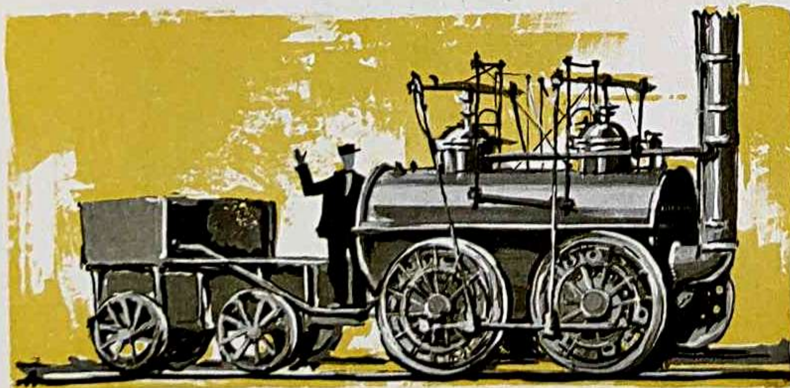
Gore: čuvena utrka između konja i lokomotive »Tum Thumb«, prve koju je konstruirao Cooper u SAD, za prugu Baltimore and Ohio Railroad. Slika u svim knjigama o povijesti željeznica prikazuje lokomotivu ispred konja, ali malo koja povijest priznaje da je pobijedio konj Dolje: Takmičenje lokomotive u Rainhillu, od 6. do 14. X 1829, radi izbora najbolje lokomotive za vuču vlakova na pruzi Liverpool—Manchester. Pobijedila je Stephensonova lokomotiva »Rocket«, koja je ispunila sve uvjete i dostigla brzinu od 47 km na sat, veću od uvjetovane

Stephenson je već postao slavan čovjek, poznat širom svijeta kao stručnjak za gradnju lokomotiva i željezničkih pruga, pa je bio pozvan da sagradi prvu željezničku prugu između *Liverpoola* (Liverpula) i *Manchestera* (Mančestera), ali prugu bez lokomotiva, jer su vlakove imala vući s pomoću čeličnih užeta 22 parna stroja sagrađena na podjednakim razmacima duž pruge. Stephenson se odmah prihvati posla koji nije bio lagan jer je prugu trebalo provesti preko prostranih močvara, ali kad je nagovarao vlasnike društva da uvedu lokomotive umjesto stabilnih parnih strojeva, morao se boriti s mnogo zlobe i neznanja.

Ipak su sve više dolazile do izražaja prednosti parnih lokomotiva u saobraćaju, pa je napokon i društvo za gradnju pruge između Manchestera i Liverpoola prihvatilo Stephensonov prijedlog i raspisalo natječaj s dosta teškim uvjetima za najbolju lokomotivu. Ona je morala imati dvije osovine, nije smjela biti teža od 6 tona, a morala je povući teret triput veći od vlastite težine brzinom od 16 km na sat. Da bi se lokomotive ispitale, imale su se održati utrke, kako se sada priređuju trke automobila.

Protivnici lokomotiva iskoristili su i tu priliku da se ponovno jave. Mnogi su tvrdili da će dim otrovati stoku i perad, ptice će se ugušiti čim prelete prugu, iskre će zapaliti žito, sijeno i kuće, a lokomotiva će kad-tad eksplodirati i pobiti sve putnike. Novinari su opominjali ljude da je vožnja vlakom jednako opasna kao što bi bilo pogibeljno sjesti na raketu. Da im se naruga, Stephenson je svojoj lokomotivi dao ime *The Rocket* (Rokit, raketa).

Na natjecanje, koje je održano u Rainhillu (Reinhilu) na pruzi Manchester—Liverpool, pozvano je nekoliko konstruktora lokomotiva. S obje strane pruge, u duljini od tri km, okupilo se oko petnaest tisuća ljudi. Zacijelo se nikad do tad nije našlo na jednom mjestu toliko inženjera i učenjaka kao prvog dana takmičenja 6. X 1829.



Stephensenova lokomotiva »Locomotion« vukla je prvi putnički vlak iz Stocktona u Darlington 27. IX 1825. Čuva se u kolodvoru u Darlingtonu

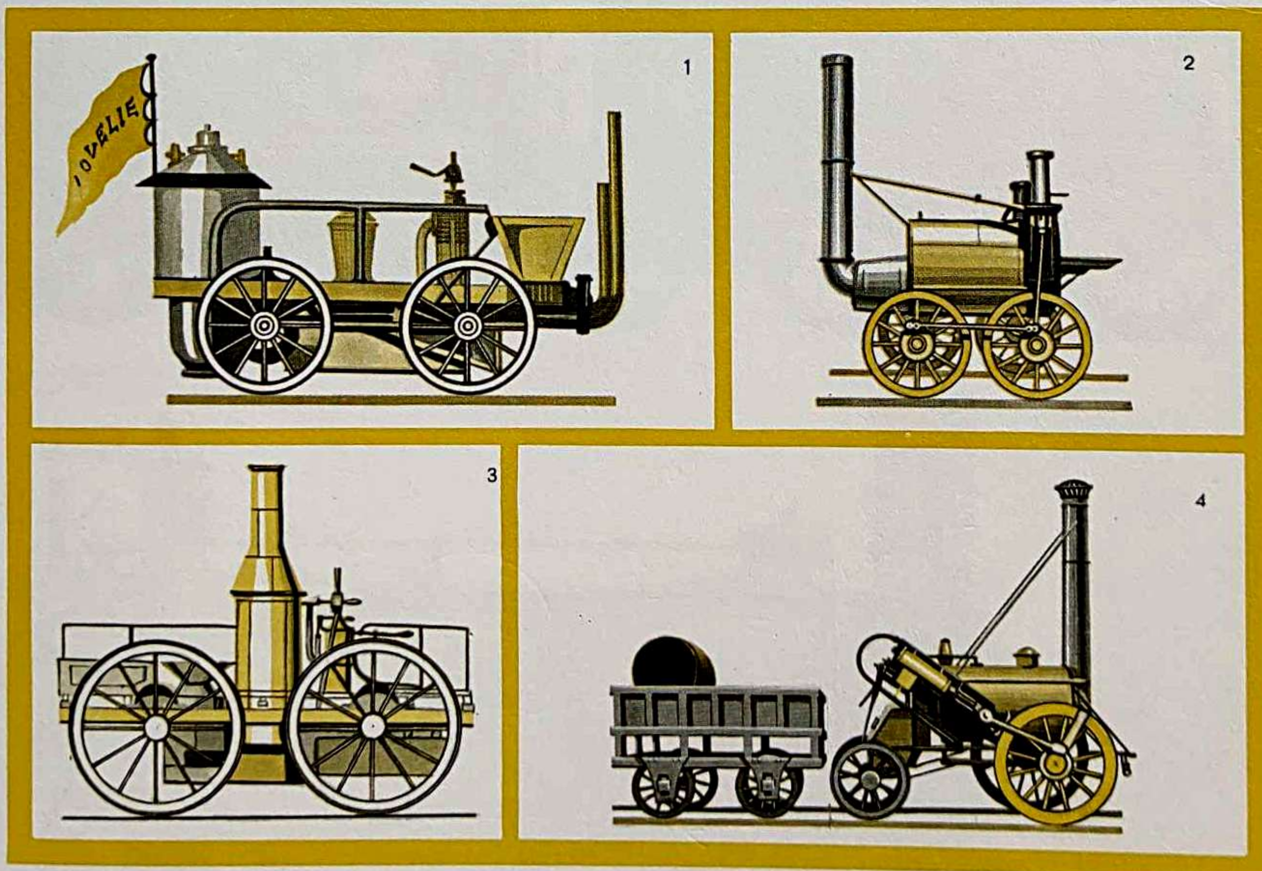
Na dvokolosiječnoj pruzi bilo je pet lokomotiva: *Novelty*, koju su izradili Ericson (Eriksn) i Braithwaite (Breitvejt), imala je dva uspravna cilindra i ložište s puhalom, a težila je 3911 kg; *Sans Pareil* (San Parej), koju je izradio Thimothy Hackwort (Hekvert), isticala se svijenom širokom cijevi koja je povezivala ložište s dimnjakom, težila je 4851 kg; *Perseverance* (Persiverens), koja je težila samo 2895 kg, sagradio je William Burstall (Berstel), i *Rocket*, koju su prikazali George i Robert Stephenson i Henry Booth (But), imala je dva mala nosiva i dva veća pogonska kotača, a tjerala su ih dva kosa parna cilindra nagnuta pod kutom od 35°, težila je 4418 kg. Peta lokomotiva *Cyclopede* (Sajklopid) nije bila pripuštena na natjecanje jer ju je tjerao konj koji je hodao po beskrajnom platnu na platformi.

Novinari su dan prije objavili da će zacijelo pobijediti *Novetly* jer se odlikuje ljepotom i snagom; »takve će biti lokomotive budućnosti«. Međutim, pobijedila je *Rocket*. Suci su 8. oktobra pooštrili uvjete: lokomotive su morale prevaliti prugu dugu 42 km prosječnom brzinom od 16 km/sat. Ali, Rocket je prešla taj put prosječnom brzinom od 25 km/sat i dostigla najveću brzinu od 47 km/sat. Sutradan je projurila prugom, koja je bila duga 6 km, nepromjenjivom brzinom od 85 km/sat.

Nakon uspjeha na utrkama Stephensonu je povjereno da izradi lokomotive za tu prvu putničko-teretnu željezničku prugu na svijetu. Na otvaranju pruge provezla su uzvanike, pred nepreglednim mnoštvom svijeta, četiri vlaka na razmaku od dvadeset metara. Tako se sigurno moglo upravljati Stephensonovim lokomotivama. Prvom je on upravljao. I tu je doživio potpun uspjeh.

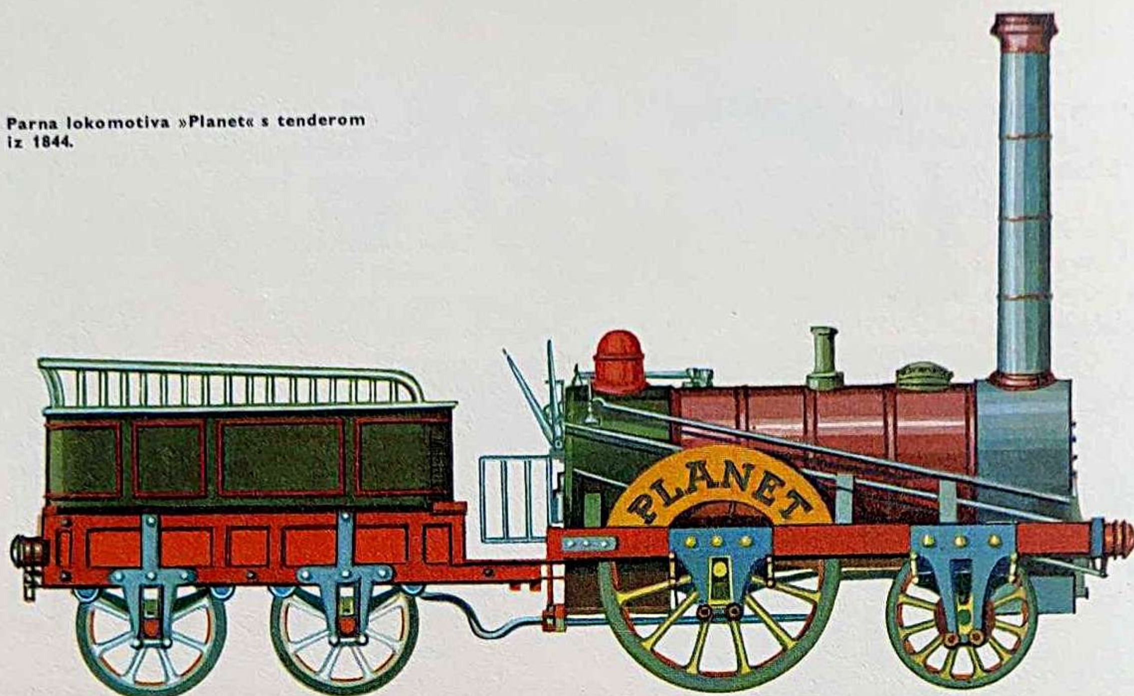
Stephensonovom tvornicom lokomotiva upravljao je poslije 1840. mladi inženjer, njegov sin *Robert*, i ona je uskoro postala poznata po čitavom svijetu, i to ne samo po izvrsnim lokomotivama nego i po gradnji velikih čeličnih mostova i po nacrtima za velike željezničke pruge. U Stephensonovoj tvornici izrađeni su nacrti za prvu mrežu željezničkih pruga u Belgiji, Švicarskoj i Španjolskoj.

Stephensonova tvornica gradila je u početku parne lokomotive gotovo za sve željeznice u Evropi i Americi. Ali pruge su se gradile na oba kontinenta tako brzo da jedna tvornica nije mogla udovoljiti svim narudžbama. Brzina razvoja željezničke mreže u Velikoj Britaniji najbolje se vidi po tom što je London dobio prvu željezničku prugu London—Greenwich (Grinvič) 1837, a već 1840. bilo je u toj zemlji 16 željezničkih društava i 4000 km pruga normalnog kolosijeka.



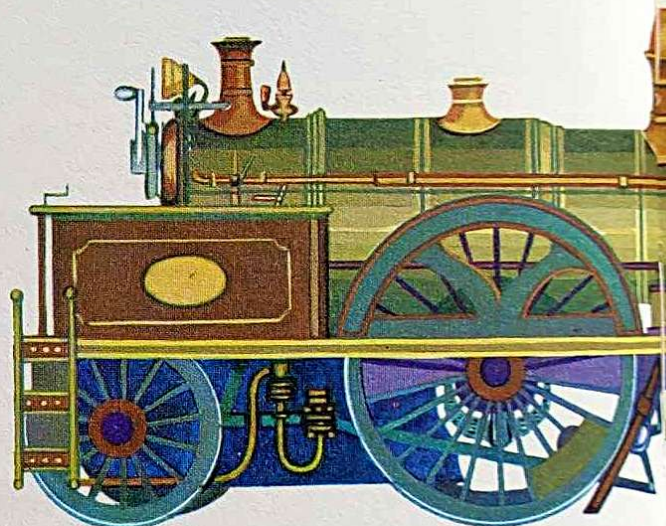
Parne lokomotive koje su sudjelovale na takmičenju u Rainhillu 6. X 1829: 1. »Novelty«, 2. »Sans Pareil«, 3. »Perseverance«, 4. »The Rocket«

Parna lokomotiva »Planet« s tenderom iz 1844.

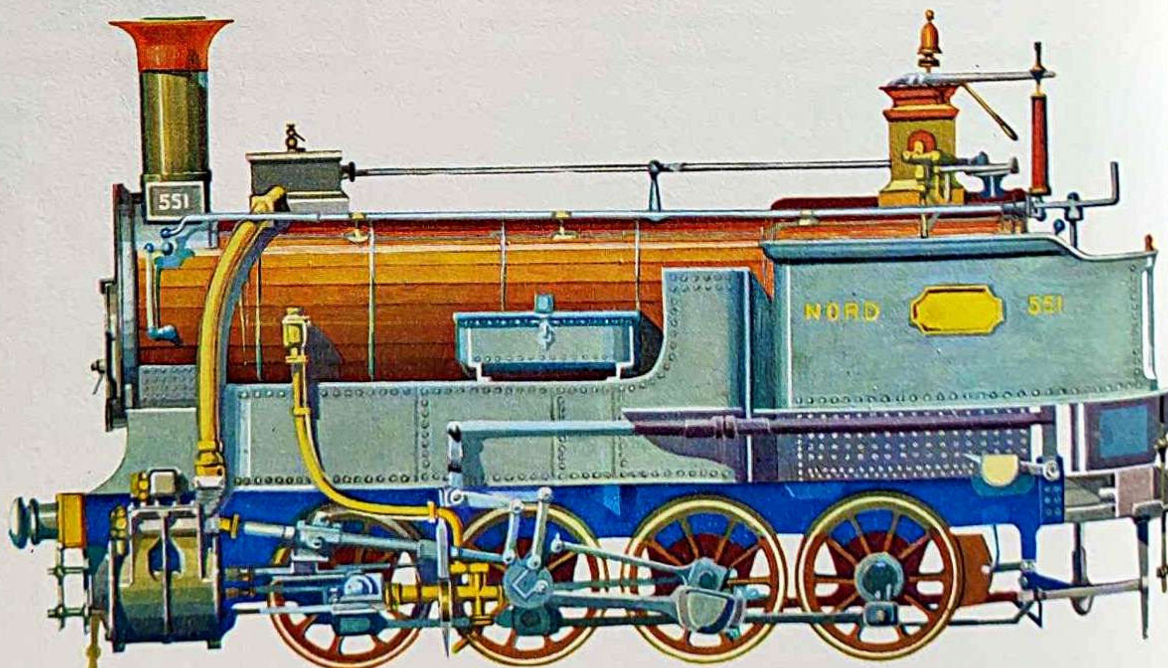


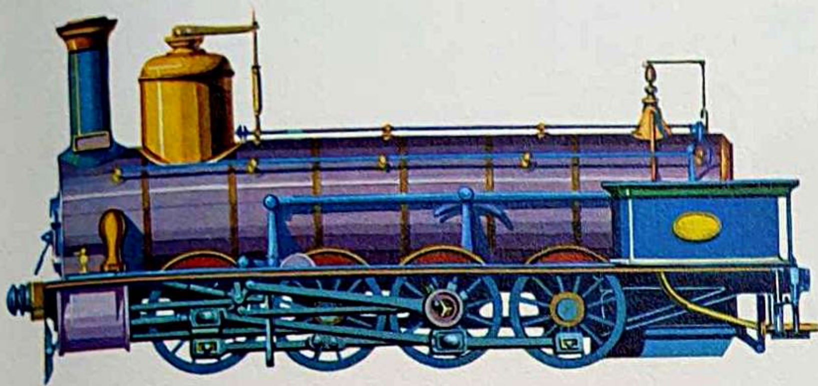
PRVE SERIJSKE LOKOMOTIVE

Poneke od čuvenih parnih lokomotiva devetnaestog stoljeća



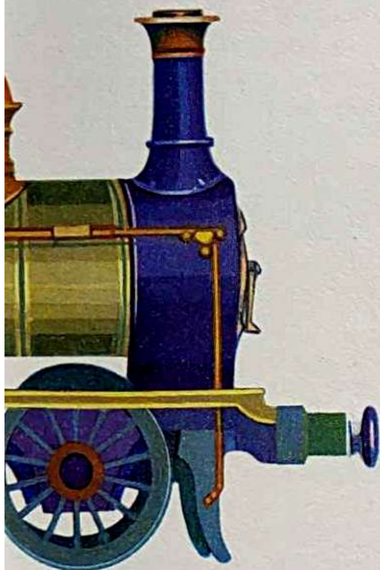
Francuska lokomotiva spojenih kotača iz 1883.

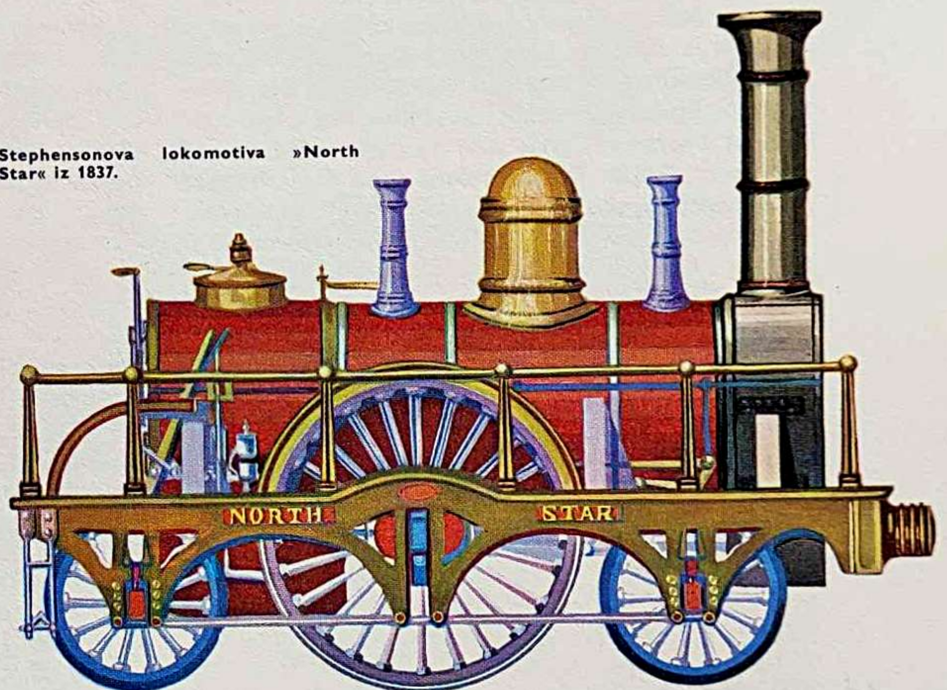




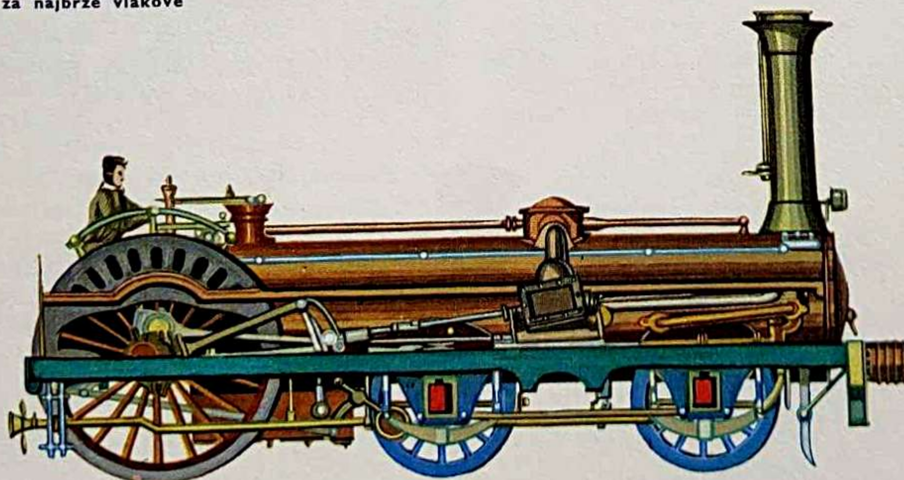
Lokomotiva za vuču teretnih vlakova iz 1866.

Stephensonova lokomotiva »North Star« iz 1837.

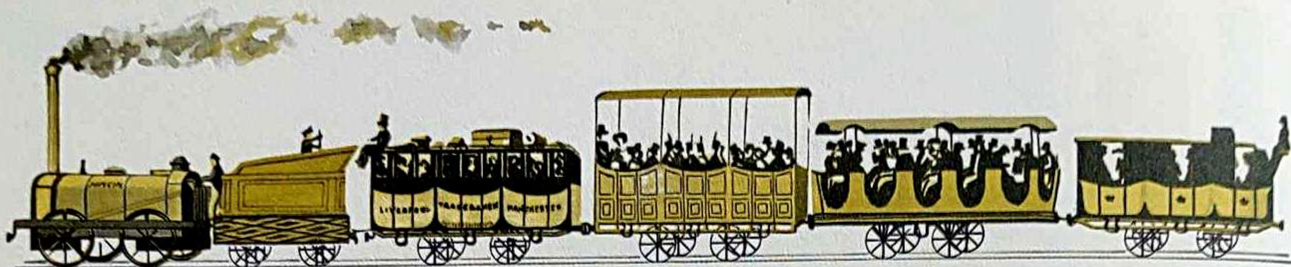




Parna lokomotiva za najbrže vlakove iz 1861.



Francuska lokomotiva lokalnih pruga iz 1855.



Stephensonova lokomotiva i vlak s vagonima prvog, drugog i trećeg razreda, na prvoj putničko-teretnoj željezničkoj pruzi između Manchestera i Liverpoola, koja je, po Stephensonovom planu, dovršena godine 1830.

Naglo širenje željezničkih mreža u Evropi i Americi ubrzalo je i gradnju tvornica lokomotiva u SAD, Belgiji, Njemačkoj, Francuskoj, Rusiji i Austro-Ugarskoj.

Američki izumitelji i inženjeri prihvatili su se gradnje lokomotiva gotovo istodobno sa Stephensonom. Prvu upotrebljivu lokomotivu sagradio je u Americi *William Cooper* (Kuper) 1829. Od tada se i u Novom svijetu naglo razvijala gradnja lokomotiva. Poneke su imale i neobičan oblik kao npr. ona iz tvornice Davis and Gardner (Devis end Gardner) što su je Amerikani zvali Grasshopper (grashaper = skakavac). Iako su ih svi ismijavali, »skakavci« su dobro vozili na pruzi između Baltimora i Ohia (Ohaja) punih 28 godina. Već 1838. grade Amerikani lokomotive i za Evropu. I za našu prvu prugu od Maribora do Sežane sagrađene su lokomotive u Philadelphiji (Filadelfiji).

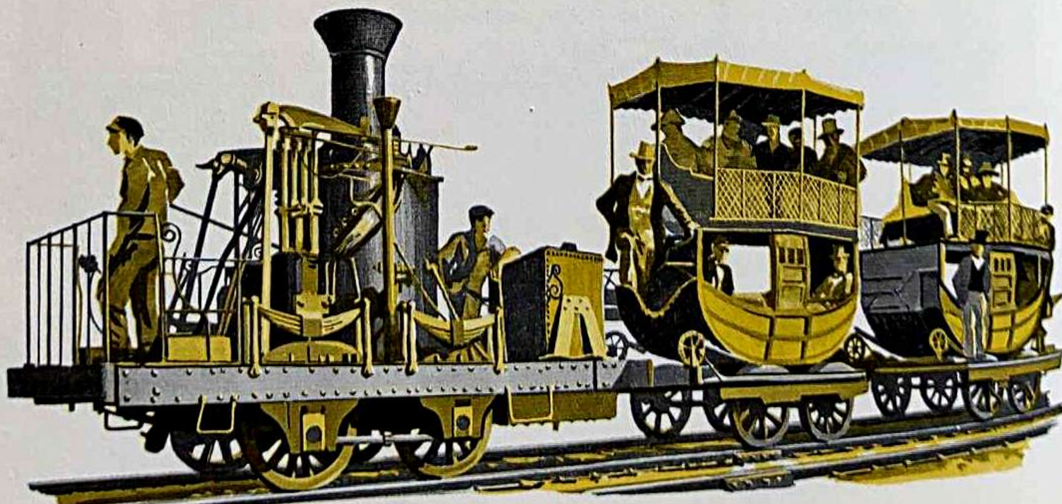
Francuska je vrlo rano počela graditi lokomotive u svojim tvornicama. One su vozile na pruzi između Saint-Etiennea (Sentetjena) i Lyona (Liona). Slaba lokomotiva vukla je vlak samo po ravnici. Na malim usponima uprezala su se ispred nje 4 konja, a na većim usponima vlak se vukao s pomoću jakog konopa stabilnim parostrojem koji je bio montiran na vrhu brijega. Nizbrdo se s takva brijega vlak spuštao s pomoću drugog konopa koji je bio namotan na velikom motovilu s vrlo jakim kočnicama.

Međutim je Marc Seguin (Mark Segen) 1829. izradio prvu svoju lokomotivu s 18 vatrocijevi u kotlu, koja je tegleći četiri teretna vagona mogla svladati sve uspone na toj pruzi.

Poslije 1830. napredak je bio još brži. Kako je para na dotadašnjim lokomotivama odnosila iz kotla mnogo vodenih kapljica, trebalo je cilindre propuhivati. Da bi se izbjegao taj nedostatak, na kotlu je dograđen zvonolik bakreni *dom*. Kapljice su se skupljale na njegovim stijenama, a u cilindre je dolazila »suha« para koja se više širila i bolje tjerala stapove.

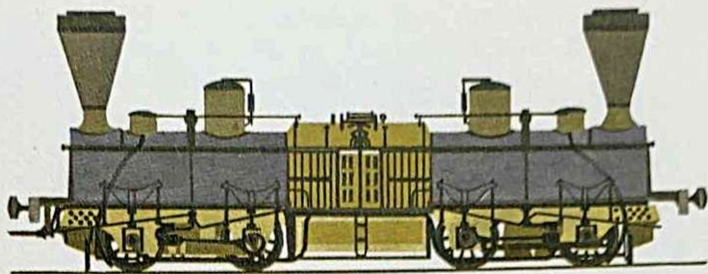
John Jervis (Džervis) je 1831. proučavao pomične osovine, od kojih se kasnije razvilo dvoosovinsko okretljivo postolje, a Stephenson je 1833. postavio na lokomotivi Samson prvu parnu zviždaljku. Henry Booth (But) je 1836. patentirao stezalicu s vijkom za povezivanje lokomotive s tenderom i vagona međusobno, a Belgijanac Walschaerts (Valšerc) je 1841. patentirao kulisni razvodnik pare. Englez William Howe (Houv) ugradio je tzv. Stephensonov razvodnik kojim se podešavao ulazak pare u cilindre i prekretao smjer vožnje.

God. 1842. iskušavala se u Škotskoj, između Edinburgha i Glasgowa, prva električna lokomotiva, a 1844. u Parizu su se vršili pokusi s lokomotivom na stlačeni zrak, koju je konstruirao Andrau (Andro). 1846. lokomotiva Great Western, koju je konstruirao Gooch (Guč), dostizala je između Londona i Swindona sa 100 t tereta brzinu od 95 km na sat. God. 1847. uvrštena je u promet prva *Cramptonova* ekspresna lokomotiva, koja je u Evropi nazvana »šinski zec«, jer je bila najbrža u Francuskoj i susjednim državama. Francuz Quillacq (Kijak) patentirao je 1848. kotao s pregrijanom parom.



Čuveni »Atlantic Express« s lokomotivom »Grasshopper«, željezničkog društva »Baltimore and Ohio Rail Road« (SAD) iz 1832.

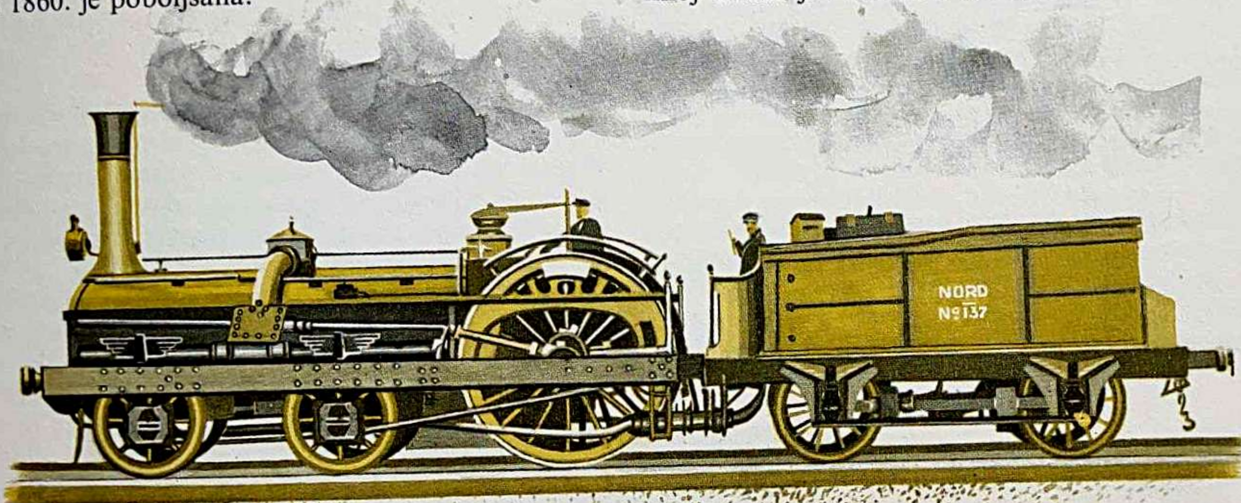
Austrijska vlada raspisala je 1850. natječaj za najbolju lokomotivu koja bi na prvoj alpskoj željeznici, na pruzi Beč—Ljubljana—Trst, preko Semmeringa mogla vući teret od 140 t, brzinom od 11,4 km na sat, uz uspon od 25‰ gdje ima zavoja i od 190 m polumjera. Na natječaj su se prijavile četiri lokomotive: *Bavaria* iz Münchena, *Seraing* iz Belgije, *Wiener Neustadt* iz istoimenog grada i *Vindobona* iz Beča. Najboljom je 1851. proglašena Bavaria, ali se ona uskoro pokazala veoma osjetljivom zbog opće složenosti lančanog prijenosa s treće osovine na ostale osovine lokomotive i na prvu osovinu tendera, kojemu su sve tri osovine bile povezane spojnim motkama (14 pogonskih kotača). Zbog toga je kasnije uvrštena u promet Vindobona koja je bila najlakša i najjednostavnija (2 cilindra s 8 pogonskih kotača), a 1860. je poboljšana.



Lokomotiva iz belgijske tvornice »Seraing«, koja je izrađena prema natječaju za prugu preko Semmeringa, dobila je 2. ocjensku nagradu

Kako je lokomotiva duž betonskog žlijeba vozila velikom brzinom, voda se, tjerana tlakom, dizala u tank uz širok lijevak koji bi se spustio ispod tendera koso prema naprijed u žlijeb.

Borba za brzinu postajala je sve oštrija. U Velikoj Britaniji i Americi lokomotive su 1846. na

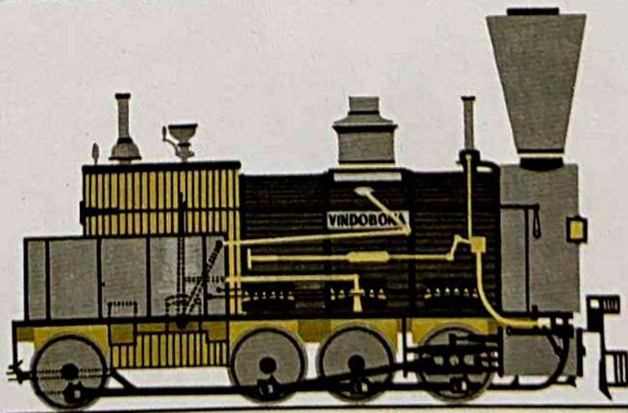


Thomas Russel Crampton (1816—1888) izradio je 1847. prvu lokomotivu »šinskih zečeva«, koje su bile vrlo brze zbog velikih kotača

U prvim lokomotivama kotao se napajao vodom koju je iz tanka na tenderu tjerala nadolijevna pumpa, ali nju su okretali kotači, pa kad je vlak dugo stajao u postaji, morala se lokomotiva otkačiti i »šetati« gore-dolje da kotao ne ostane bez vode. Kasnije je ugrađena samostalna parna napojna *sisaljka* (konjić) a 1858. uveden je *Giffardov* (Džifardov) *injektor* koji je mlazom pare kroz ljevkastu cijev usisavao vodu iz tanka na tenderu i tlačio je u kotao. Tek otad se mogla znatnije povećati ogrjevna površina kotla i proizvodnja pare. Međutim, na ekspresnim vlakovima, koji su jurili velikom brzinom dugo bez zaustavljanja, lokomotive su trošile više vode nego što se moglo ponijeti u tenderu. Nedostatak je uklonjen tako da se duž kolosijeka na određenim razmacima iskopao dug žlijeb, obložio betonom i napunio vodom, pa se tender mogao napuniti vodom a da se vlak nije morao zaustaviti.

Austrijska lokomotiva »Vindobona« iz Wiener Neustadta dobila je samo utješnu nagradu, ali je kasnije bila najbolja za Semmering

kraćim dijelovima pruge dostizale brzinu od 100 km na sat. God. 1855. u Francuskoj specijalni vlak prelazio je čitav put od Marseilla (Marseja) do Pariza prosječnom brzinom od 100 km na sat. Sve veća brzina zahtijevala je i usavršavanje lokomotiva. Međutim, tada se mnogo snage gubilo u golemim cilindrima zbog prenaglog gibanja stapova. Para je iz kotla i razvodnika šiknula u cilindar i samo udarila u stap, pa nije bila dovoljno iskorištena snaga njezina širenja. Nedostatak su uklonili *Woolf* (Vulf) i *Mallet* (Malé),



koji su širenje pare podijelili na dva cilindra različitih promjera; izumili su *stroj dvostruke ekspanzije*, tj. dvokratna širenja pare: *compoundni* (kompaundni) stroj. Para velikog tlaka ulazi u stroj najprije u manji cilindar, gdje se malo širi i vrši prvi dio korisnog rada. Iz malog cilindra vodi se u drugi veći, gdje se iskorišćuje dalje širenje pare. U drugom cilindru para djeluje, doduše, manjim tlakom, ali je površina stapa razmjerno veća, pa je i djelovanje podjednako. Lokomotive s parostrojem višestruke ekspanzije imaju dva, tri ili četiri cilindra.

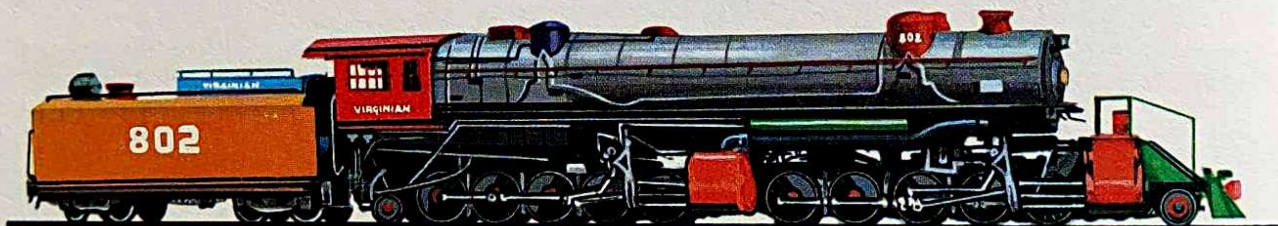
Brz razvoj električnih lokomotiva silio je konstruktore parnih lokomotiva da ih i dalje usavršavaju. God. 1921. pojavile su se lokomotive s parnom turbinom. Kako se parni turbinski pogon isplati samo pri velikoj i stalnoj brzini, uvedene su parne turbine samo na ekspresnim vlakovima koji jure velikom brzinom više stotina kilometara bez zaustavljanja. Posljednje parne turbinske lokomotive za duge pruge u Americi i u Sovjetskom Savezu težile su oko 530 tona, bile su duge do 50 metara, a snaga im je dosezala i do 50 000 KS.

Moderne parne lokomotive s visokotlačnim kotlovima do 100 atmosfera troše toliko ugljena da se loženje moralo mehanizirati. God. 1950. uveden je *stocker* (stoker). Tako se zove sprava koja ima grabilicu, što grabi ugljen na tenderu, beskrajni vijak koji dovlači ugljen do drobilice, gdje se velike gromade ugljena drobe u manje komade, transportnu rešetku kojom se prenose komadi ugljena u zatvoreno ognjište, gdje ga zahvaća snažan mlaz pare i baca duboko u ložište. Ložač više ne mora ni dotaknuti ugljen lopatom.

Lokomotivu s parnom turbinom ne može ni *stocker* nahraniti ugljenom. Golema količina pare koju guta parna turbina može se proizvesti samo u kotlu koji se loži uljem za loženje. Ulje crpe sisaljka iz tanka na tenderu i tlači ga u *sapnice* koje su smještene u ložište. Druga sisaljka tlači u sapnice zrak. Iz sapnica izlazi ulje za loženje pomiješano sa zrakom u široku mlazu i izgara žestokim plamenom. Ložač na takvoj lokomotivi samo s vremena na vrijeme promatra plamen kroz tamno staklo pa sa dva ventila (za zrak i za ulje za loženje) podešava izgaranje. Ako je vrh plamena bijel, znak je da je u ložištu odviše zraka, ako je crn, znak je da ulazi previše ulja za loženje.

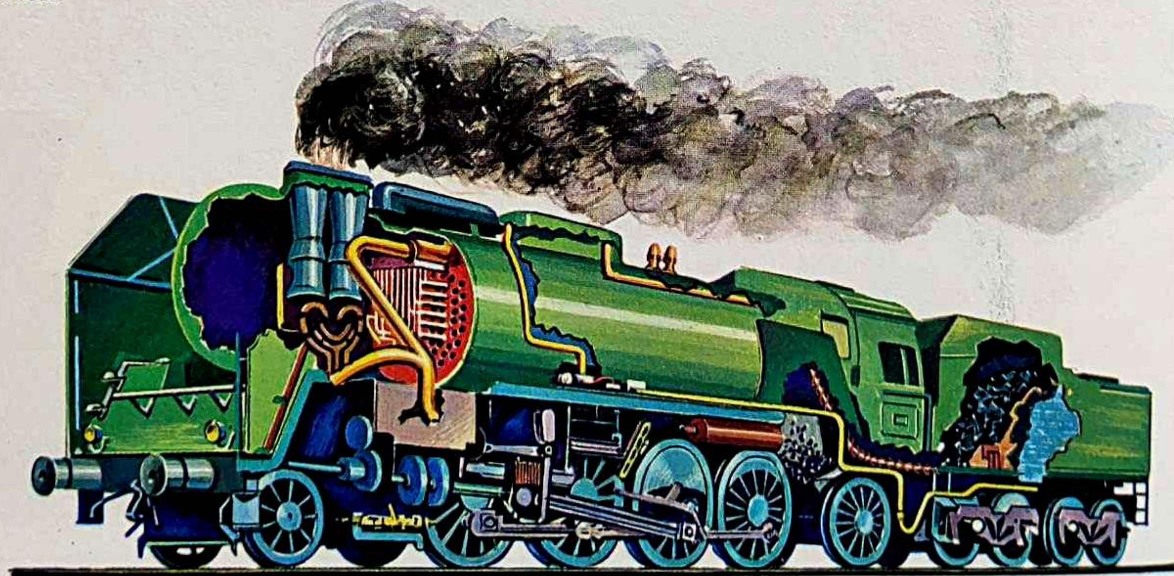
Brzina lokomotiva. Brzina od 230 km na sat koju postizavaju neke parne lokomotive same bez vagona na kratkim i ravnim prugama obični su reklamni rekordi. Za trgovački i putnički promet važne su samo prosječne brzine vlakova od početka do kraja pruge.

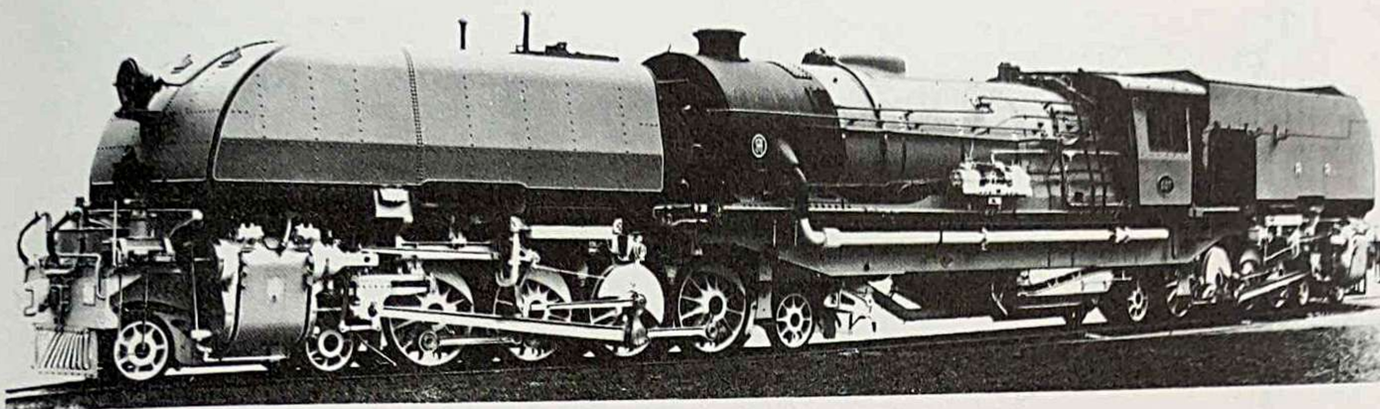
Najbrži vlak na svijetu *Twin Zephir* (Tvin Zefir) vozi u Sjedinjenim Američkim Državama na pruzi dugoj 97 km prosječnom brzinom od 135 km na



Jedna od posljednjih američkih parnih lokomotiva 1EE1 »Mallet-Virginian«. Duljina lokomotive s tenderom 29,5 m, težina 310 t, vučna snaga 79 000 kp, polumjer vučnih kotača 1,422 m, tlak pare u kotlu 15 atmosfera, ogrjevna površina kotla 966 m², zaliha vode 50 tona

Parna lokomotiva 1D1 sa stockerom za mehaničku dopremu ugljena u ložište. U prvom planu crveno je shematski presjek vatrocijevnog kotla. Žuto su glavne parne cijevi, koje odvode paru iz doma u cilindre, a iz njih u dimnjake, gdje pojačavaju propuh. Straga: stocker, ugljen i voda





Gore: jedna od 250 lokomotiva tvornice Beyer Peacock iz Manchestera, za željeznice u Rodeziji. Ovakvom zglobnom lokomotivom s jednim dvostrukim kotlom i jednom posadom mogla se pojačati snaga, a da se ne povećava osovinsko opterećenje. Jeftinija je nego 2 manje lokomotive i pogodnija za rodezijsku željeznicu sa slabim prugama i mostovima

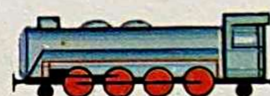
sat. Francuski *Mistral* na pruzi Pariz—Lyon prelazi 483 km prosječnom brzinom od 129 km na sat, a *Leteći Škot* u Velikoj Britaniji prelazi prugu od 620 km prosječnom brzinom od 97 km na sat.

Iz ovakvih podataka ne mogu se stvarati nikakvi zaključci ni usporedbe, jer što je dužina pruge veća, prosječna je brzina manja. *Twin Zephir* može postići prosječnu brzinu od 135 km na sat jer vozi s pet lakih aluminijskih vagona bez zadržavanja od početka do kraja kratke pruge. Najdužu željezničku prugu na svijetu od 7910 km iz Moskve preko Omska u Peking prevaljuju sovjetski teški ekspresni vlakovi prosječnom brzinom od 36 km na sat iako na nekim odsjecima jure i sa 116 km na sat, a nigdje ne voze sporije od 80 km na sat. Na dugim prugama voze dugi i teški vlakovi s mnogo vagona, a na takvim prugama ima mnogo postaja, mijenjaju se lokomotive, utovaruje se gorivo i voda, čeka se na veze s drugim vlakovima, zadržava se na granicama zbog carinskih pregleda itd. I naši ekspresni vlakovi voze mjestimično sa 120 km na sat, a ipak je prosječna brzina *Jugoslavija-ekspresa* s dizel-lokomotivom koji vozi između Beograda i Zagreba na pruzi dugoj 414 km samo 93 km na sat.

Opis parne brzovozne lokomotive. U parnoj lokomotivi srednje veličine vatrocijevni kotao leži vodoravno i proteže se prema naprijed do *dimne komore*. Na njoj stoji dimnjak uspravno. Para se iz kotla diže u *parnu komoru* (dom) gdje se oslobađa od kapljica vode. Iz doma odlazi kroz glavni parni ventil i odvodnu cijev u uske cijevi *pregrijača*. Tu se pregrijava i pretvara u »suhu« paru visokog tlaka. Iz pregrijača odlazi pregrijana para kroz cijev u razvodnike desnog i lijevog cilindra. Razvodnik razvodi paru čas ispred, čas iza stapa u cilindru. Para potiskuje stap naprijed-natrag. Stap čas potiskuje, čas vuče stapajicu i ojnicu, ojnica okreće pogonski rukavac na srednjem kotaču, a time i čitav kotač. Srednji kotač s pomoću *spojne motke* okreće ostala dva velika kotača i pokreće lokomotivu. Ovakva lokomotiva ima, dakle, 3 para radnih kotača, jer prednji i stražnji mali kotači ne vuku, nego samo nose teret parostroja i kotla.

Lokomotive se i označuju prema broju radnih osovina (parova vučnih kotača) koje tjeraju lokomotivu i parova običnih kotača koji samo nose teret. Parovi običnih kotača označujú se brojevima, a parovi vučnih kotača slovima. Prema tome lokomotiva označena sa 2-C-1 ima sprijeda 2 para običnih, u sredini 3 para vučnih (C je treće slovo u abecedi) i straga 1 par običnih kotača.


C


1D1


1E


2C1


1EE1


BB

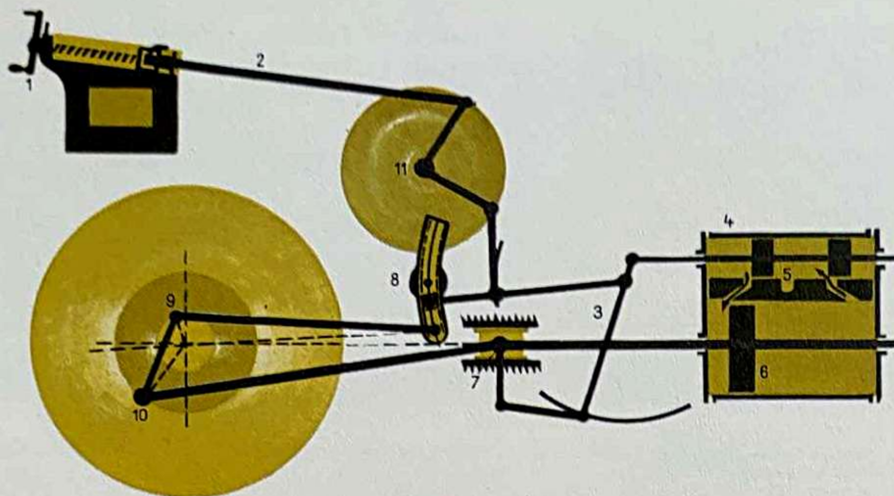

BBB


2BB2


CC


CCC

Lokomotive se označuju prema parovima nosivih i vučnih kotača. Nosivi se parovi označuju brojkama, a vučni parovi kotača slovima



Walschaertovo kormilo za prekretanje parostroja od hoda naprijed na hod natrag; njime se regulira i širenje pare: 1. prekretna ručka za promjenu smjera vožnje, 2. prekretna motka, 3. njihaljna poluga, 4. razvodnik s dva stapa razvodača pare, 5. ispuh, 6. cilindar sa stapom, 7. križna glava stapne motke, 8. nepomična točka učvršćenja kulise s klizaljkom, 9. ekscentrični čep. 10. glava ojnice (čep radne motke)

Upravljanje lokomotivom. Strojovođa sjedi na desnoj strani u kućici okrenut licem prema naprijed. Da bi uputio lokomotivu naprijed, strojovođa opusti kočnice, a zatim polagano otvara glavni parni ventil. Lokomotiva već kreće! Ako počnu kotači kliziti, odmah naglo zatvori parni ventil, otvori *posipač pijeska*, pa zatim ponovno polagano otvara paru. Kako se lokomotivi povećava brzina, tako postepeno sve više otvara parni ventil i gleda na kazaljku *brzinomjera*. Kad lokomotiva dostigne određenu brzinu, održava jednolično kretanje laganim pritvaranjem i otvaranjem ventila. Ako naiđe nizbrdica, zatvara ventil, pa se lokomotiva kreće nizbrdo od zaleta i sile teže. Tada kotači okreću parostroj jer u nj ne ulazi para. Kretanje se usporava trenjem kotača o tračnice, trenjem osovina u ležajima i otporom stapova u cilindrima. Ako je nizbrdica strmija, glavni parni ventil ostaje zatvoren, a otvara se ventil zračnih kočnica. Na dugoj nizbrdici brzina se regulira samo kočnicom. Obratno, na ravnici i na uzbrdici upravlja se samo parnim ventilom, a kočnice ostaju posve otvorene.

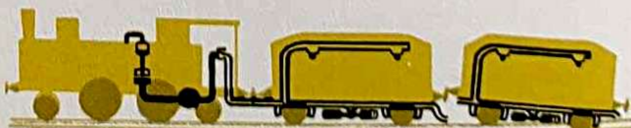
Za vožnje strojovođa pažljivo promatra prugu i sve signale. Lako će ih vidjeti jer su svi sa desne strane kolosijeka i dobro vidljivi danju i noću. Prije ulaska u neku željezničku postaju pazi na signal da li je ulazak slobodan ili zabranjen. Ako je ulazak slobodan, a pruga vodoravna, zatvara parni ventil i pušta da se lokomotiva kreće zaletom bez rada pare. Brzina vlaka lagano pada. Kad uđe u kolodvor, vlak se postepeno koči, jače ili slabije, koliko treba da se zaustavi točno uz peron. Kočnice ostaju zatvorene.

Vožnja lokomotive natraške. Da bi lokomotiva mogla voziti i natraške, parostroj ima *kormilo*. To je prekretni uređaj, skup poluga kojima strojovođa prije nego što uputi lokomotivu pomakne razvodnik tako da para, umjesto s jedne strane stapa, uđe s protivne strane. Razvodnik tada pušta paru obratno, stroj se okreće protivnim smjerom, a lokomotiva vozi natraške.

Kočenje vlaka. Svima kočnicama na lokomotivi i na vagonima upravlja strojovođa iz lokomotive. Zacijelo ste često čuli kako nepomične parne lokomotive na kolodvorima šište u pravilnim razmacima. Taj neobični zvuk proizvodi parna sisaljka koja se nalazi na lokomotivi sa strane. Sisaljka siše zrak iz atmosfere i tlači ga u zračni rezervoar. Iz rezervoara odvodi stlačeni zrak jedna cijev od stražnje strane lokomotive pa kroz tender i kroz sve vagone do kraja vlaka. Zbog toga su lokomotiva, tender, prvi vagon i svi vagoni međusobno spojeni čvrstom gumenom cijevi. Kad zračna sisaljka na lokomotivi stlači zrak u rezervoar, svi su cjevovodi od početka do kraja vlaka i svi rezervoari ispod vagona ispunjeni stlačenim zrakom. Ako se slučajno koji vagon otkine, ili ako netko u kupeu bilo kojeg vagona povuče ručku *kočnice za opasnost*, cjevovod se otvori, tlak u njemu naglo padne, a stlačen zrak, koji je ostao u rezervoarima ispod vagona, odmah stisne kočnice; svi su vagoni ukočeni, i vlak se zaustavi. Ukočeni su i oni vagoni koji su se otkinuli jer je i u njima prekinut tlačni cjevovod koji drži kočnice otvorene. U takvim slučajevima strojovođa ne može opustiti kočnice i krenuti naprijed sve dok se ponovno ne zatvori



Uređaj za kočenje svih vagona u vlaku: zračni vod kroz vlak i svi vagonski spremnici su pod tlakom, a kočnice su svih kotača otvorene



Uređaj za kočenje svih vagona u vlaku: zračni vod se prekinuo i ispraznio, a zrak je iz vagonskih spremnika utisnuo sve kočnice

cjevovod i ne ispuni stlačenim zrakom. Pri običnom kočenju na nizbrdici sam strojovođa otvara i zatvara stisnuti zrak u cjevovodu i koči čitav vlak prema potrebi.

Automatski rad zračne sisaljke i kočnica možemo pratiti i po radu sisaljke. Dok vlak mirno stoji u kolodvoru, zračna sisaljka radi svojim redovitim polaganim taktom i čuje se pravilno šištanje. Kad strojovođa prije polaska iskušava kočnice i ispusti zrak iz cjevovoda, sisaljka naglo proradi brže, pa se čuje i ubrzano šištanje. Sisaljka tada brzo nadoknađuje ispušteni zrak. Automatske zračne kočnice daju potpunu sigurnost vlakovima. Naši željeznički vagoni imaju *Božićeve automatske zračne kočnice* koje se tako zovu po prezimenu našega zemljaka koji ih je izumio.

MOTORNE LOKOMOTIVE

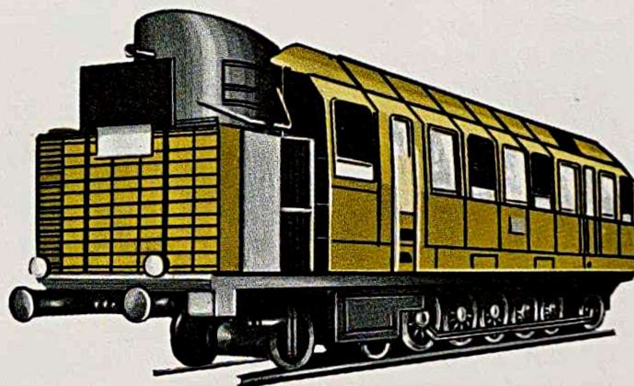
Dizel-lokomotive. Pošto već poznajemo dizel-motor i parnu lokomotivu, nije teško shvatiti opremu i rad dizel-lokomotive.

Mnoge su dizel-lokomotive posve simetrične. Na parnoj lokomotivi dimnjak, dimna komora i parostroj nalaze se sprijeda, a ložište i kućica strojovođe straga. Na dizel-lokomotivi se ne može kazati što je sprijeda, a što straga jer su oba kraja posve jednaka. Svaki kraj ima upravljačku kućicu sa svim potrebnim spravama tako da motorovođa može upravljati jednako iz jedne ili iz druge kućice. Međutim, ima i takvih dizel-lokomotiva, veće i manje snage, koje nisu simetrične pa se upravljačka kućica nalazi na jednom kraju, a dizel-motor na drugom.

Dizel-lokomotiva može imati jedan ili dva dizel-motora. I razmještaj motora može biti različit. Ako simetrična lokomotiva ima samo jedan motor, on je obično u sredini, a u lokomotivi sa dva dizel-motora jedan je iza jedne, a drugi iza druge upravljačke kućice. Lokomotivski dizel-motor ima obično 12 cilindara, u dva usporedna reda po 6, nagnuta u obliku slova V. Pogonsko gorivo za dizel-motor je plinsko ulje.

Dizel-lokomotiva ima mnogo različitih vrsta, a dijele se uglavnom prema načinu kako se okretanje osovine dizel-motora prenosi na vučne kotače. Prema tome, dizel-lokomotive se razlikuju prema vrsti tog prijenosa. Zašto je uopće potreban taj prijenos?

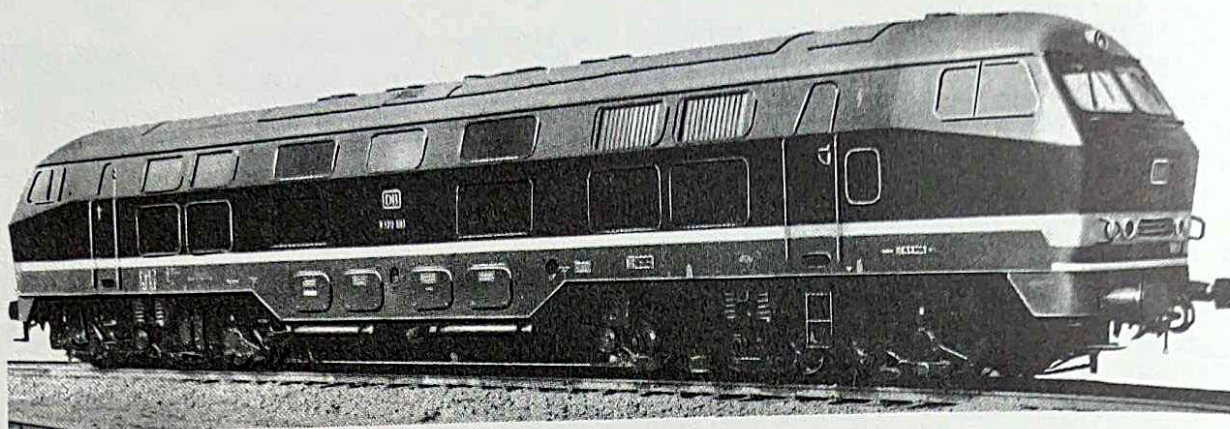
Dizel-motor se ne može pokrenuti kao parostroj. Na parostroju je dovoljno samo otvoriti glavni parni ventil da para uđe u cilindar i potisne stap, on se pokrene i parostroj proradi. U dizel-motoru plinsko ulje ne stvara nikakav tlak ni rad dok je motor nepomičan. Dizel-motor treba pokrenuti električnim uputnikom (pokretačem), koji se pokrene električnom strujom iz akumulatora. Ali, za to vrijeme dizel-motor mora biti odvojen od vučnih kotača, jer bi se inače strujom iz akumulatora morao pokrenuti ne samo uputnik i dizel-motor nego još lokomotiva i čitav vlak, a to je odviše velik teret. Da bi se motor odvojio od vučnih kotača, dizel-lokomotiva treba da ima spojku, kao automobil. Tek kad se dizel-motor, odvojen od kotača, pokrene i okreće u prazno povećom brzinom, on se može s pomoću spojke spojiti s mjenjačem i vučnim osovinama lokomotive. Međutim, pri sporom okretanju dizel-motor nema snage da pokrene težak vlak; on treba da se okreće gotovo punom brzinom, jer mu je tek tada snaga najveća. Međutim, vlak se ne može ni naglo povući jer je odviše težak, pa bi se motor zbog preopterećenja ipak zaustavio. Stoga treba između motora i vučnih osovina lokomotive umetnuti mjenjač, slično kao na automobilu, ali s razlikom da dizel-lokomotiva mora imati mjenjač sa četiri ili više brzina za vožnju u jednom smjeru i s isto toliko brzina za vožnju u drugom smjeru, jer ona mora voziti u oba smjera jednakom brzinom i pod jednakim uvjetima. Takve su *lokomotive s mehaničkim prijenosom*. One su lake (6—12 kg po jednoj KS) i obično su manje snage (do 600 KS) jer se spojka pri većim snagama za početnog pokretanja vlaka jako grije.

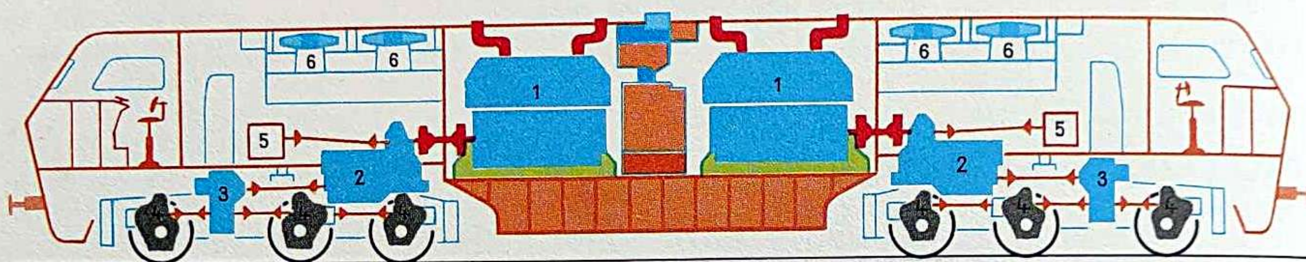


Prva dizel-lokomotiva na svijetu s mehaničkim prijenosom. Izrađena je u Njemačkoj, prema izumu i nacrtu sovjetskog profesora Lomonosova 1924. Imala je dizel-motor od 1200 KS i težila je oko 125 tona. Lokomotivi je na litvansko-sovjetskoj granici proširen razmak kotača za ruski kolosijek, a u Moskvu je stigla 22. I 1925. Lokomotiva je dugo vukla vlakove u Sovjetskom Savezu teške i 2000 tona

Dolje: dizel-električna lokomotiva BB, od 825 KS, za teretne vlakove



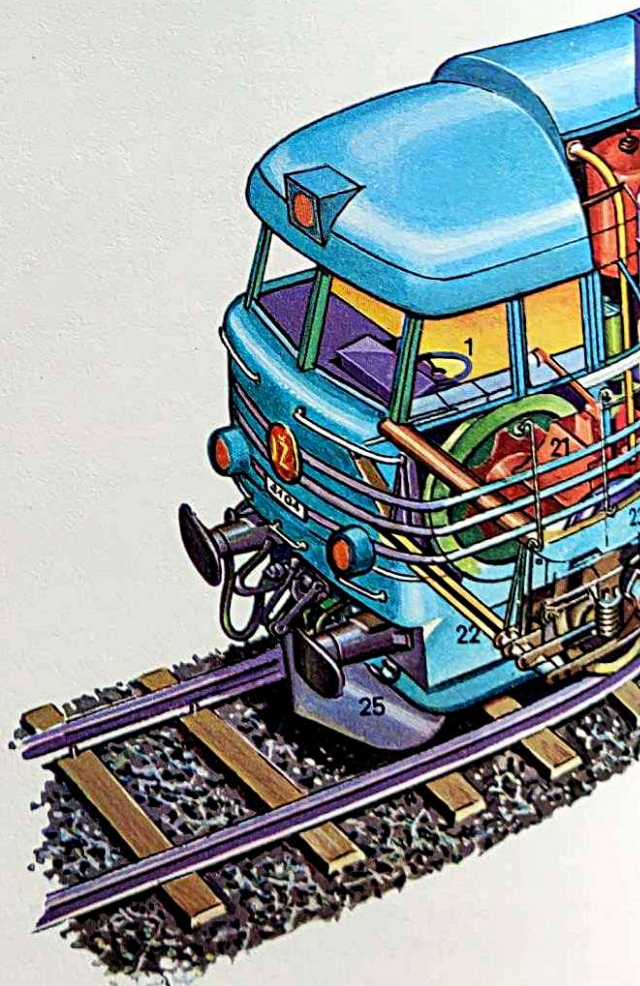




Gore: Henschelova dizel-lokomotiva s hidrauličkim prijenosom, oznake CC, tipa V 320, njemačkih saveznih željeznica. Dolje: shematski presjek iste lokomotive: 1. dva glavna pogonska dizel-motora od 1900 KS, 2. hidraulički prenosnici, 3. zupčasti prenosnici, 4. kardanski zupčanici, 5. električni generatori, 6. ventilatori dizel-motora i elektromotora

Druga su vrsta *lokomotive s električnim prijenosom*, ili kraće *dizel-električne lokomotive*. U njima je dizel-motor čvrsto povezan s generatorom istosmjerne struje. Struja što je daje taj generator vodi se električnim kabelima u vučne elektromotore, koji okreću vučne osovine kotača i tjeraju lokomotivu. Brzina lokomotive regulira se bržim ili sporijim okretanjem dizel-motora, ili mijenjanjem jačine proizvedene električne struje različitim pobuđivanjem generatora, ili na oba načina istodobno. Takva lokomotiva nema spojku ni mjenjač, a naprijed i natrag se upravlja promjenom električnih polova. To su, zapravo, električne lokomotive na istosmjernu struju koje na sebi nose elektranu. One su teže od lokomotiva prve vrste (do 25 kg po KS); velika im je prednost da ih se može prikopčati više zajedno, i da svima može upravljati samo jedan motorovođa.

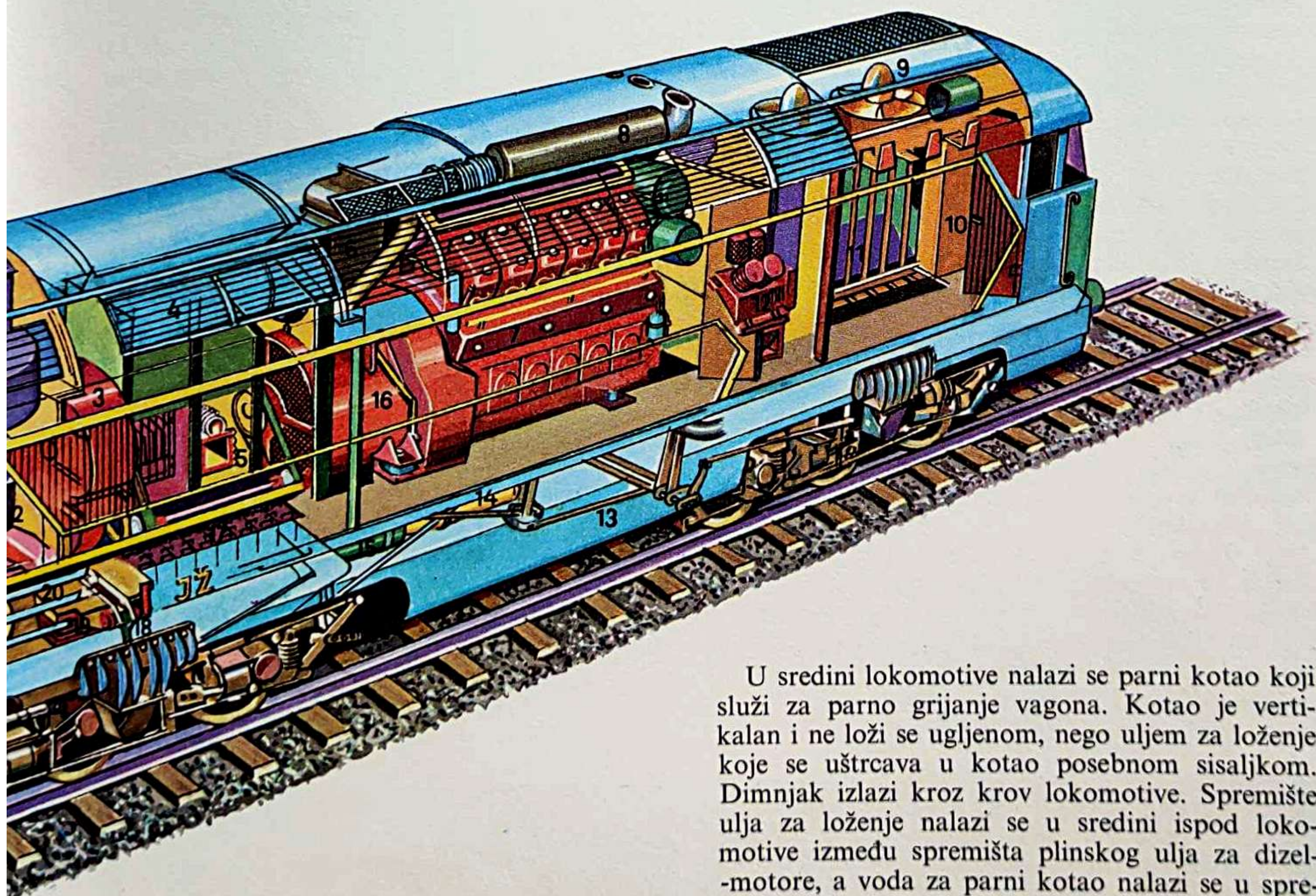
Treća su vrsta *dizel-lokomotive s hidrauličkim prijenosom*. U njima se nalazi centrifugalna pumpa koju okreće dizel-motor jednoličnom brzinom. Pumpa tjera ulje u turbinu, a ona okreće vučne osovine kotača i tako tjera lokomotivu. Ni ovakve lokomotive nemaju mjenjač, jer sam hidraulički prijenos služi za mijenjanje brzina, ali moraju imati prekretnik (kormilo) da mogu voziti u jednom i u drugom smjeru, koji treba da se nalazi iza pumpe i turbine jer se one okreću uvijek u istom smjeru. Ovakve su lokomotive nešto teže (6—15 kg po KS) od prvih, a lakše od drugih.



Motor dobiva plinsko ulje iz pogonskog spremišta u motornoj prostoriji, ali glavna se rezerva plinskog ulja nalazi u spremištima ispod lokomotive. Plinovi izgorjela ulja izlaze iz motora kroz *ispušnu cijev* na krovu.

Svi se motori hlade vodom koju iz *hladnjaka* tjera *rashladna sisaljka* u stijene cilindara dizel-motora, pa ona hladi cilindre. U šupljim stijenama cilindara voda se ugrije pa se iz njih tjera natrag u hladnjak da bi se ponovno ohladila. Rashladna voda tako neprekidno kruži iz hladnjaka u stijene motora, a odatle opet u hladnjak. Da se voda koja se ugrijala pri hlađenju motora opet što brže ohladi, *hladnjak* je izrađen kao pčelinje saće. Vodu tjera rashladna sisaljka kroz tanke cjevčice saća, a kroz šupljine struji zrak. Da bi zrak što brže strujao, tjera se *ventilatorom* koji se nalazi ispod krova lokomotive. Uz taj ventilator nalazi se drugi još veći i jači koji se zove *puhalo*. On siše zrak iz atmosfere i tlači ga u cilindar dizel-motora. Dakle, umjesto da stap kad se spušta sam usisava zrak u cilindar, pomaže mu i puhalo. Tako se u cilindru nakupi oko 50% više zraka, pa se u nj može uštrcati i više goriva. Motor jednake veličine u tom slučaju daje gotovo 50% jaču snagu.

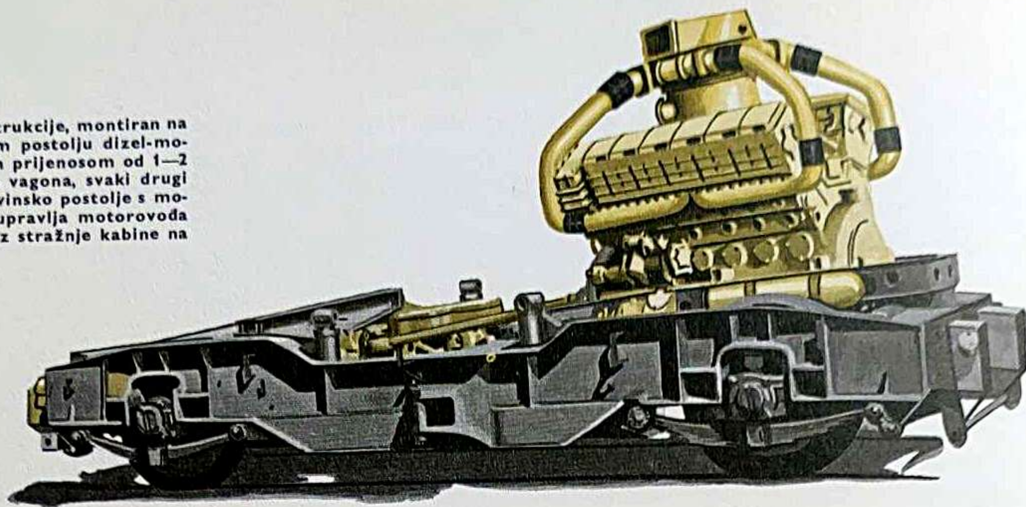
To su glavni pogonski dijelovi dizel-lokomotive. Međutim, na njoj ima i mnogo drugih važnih uređaja. Komprimirani zrak za kočnice daju *kompresori* (sisaljke koje sišu i tlače zrak). Kako na dizel-lokomotivi nema pare, kompresore gone električni motori. Električnu struju za pogon kompresora proizvode generatori na krajevima lokomotive, a uz njih su i generatori za električnu rasvjetu. Generatore okreću zglobnim osovinama glavni dizel-motori.



U sredini lokomotive nalazi se parni kotao koji služi za parno grijanje vagona. Kotao je vertikalan i ne loži se ugljenom, nego uljem za loženje koje se uštrcava u kotao posebnom sisaljkom. Dimnjak izlazi kroz krov lokomotive. Spremište ulja za loženje nalazi se u sredini ispod lokomotive između spremišta plinskog ulja za dizel-motore, a voda za parni kotao nalazi se u spremištima ispred i iza kotla.

DIZEL-ELEKTRIČNA LOKOMOTIVA CC 68 000: 1. kabina motorovođe, 2. kotao za parno grijanje vagona, 3. ventilator za hlađenje vučnih elektromotora, 4. usisni otvor zraka za dizel-motor, 5. ormari s glavnim električnim uklopkama, 6. turbo-puhalo za punjenje dizel-motora zrakom, 7. dizel-motor od 2650 KS, 8. prigušnik buke na ispušniku, 9. ventilatori za hlađenje motorskog hladnjaka, 10. hladnjaci visokonaponskog i niskonaponskog uređaja, 11. glavni spremnik stlačenog zraka, 12. zračni kompresor, 13. spona sanduka s postoljem, 14. spremnik plinskog ulja za dizel-motor, 15. spremnik vode za grijanje vagona, 16. generator električne energije za pogon vučnih motora, 17. električni akumulatori, 18. ojnica ljuljnog ovjesa, 19. elastični blokovi, 20. glavne spone, 21. vučni motori, 22. poluge i osovine kočnica, 23. mazalice osovina, 24. ginjevi, 25. kamenobrán

Dizel-motor plosnate konstrukcije, montiran na dvoosovinskom okretljivom postolju dizel-motornog vlaka s mehaničkim prijenosom od 1—2 vagona. Ako vlak ima više vagona, svaki drugi vagon ima jednako dvoosovinsko postolje s motorom, a svim motorima upravlja motorovoda iz prve kabine na čelu ili iz stražnje kabine na začelju vlaka



Dizel-lokomotiva ima svu opremu koju mora imati svaka lokomotiva za vuču vlakova: vučnu snagu daju dizel-motori, zrak za kočnice daju električni kompresori, a paru za grijanje vagona parni kotao.

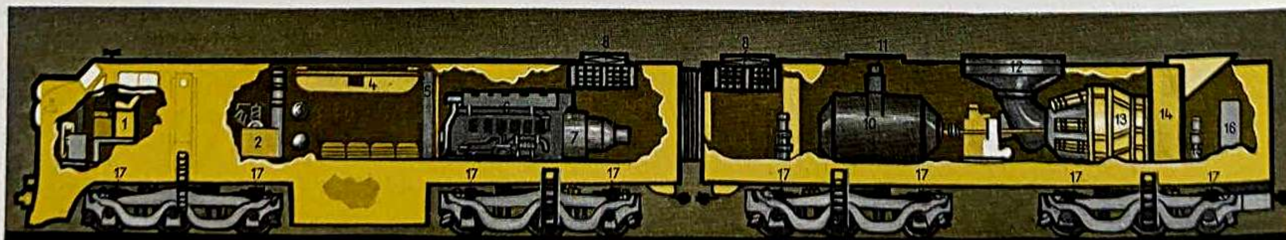
Dizel-lokomotiva ima mnogo prednosti pred parnom lokomotivom. Najveća joj je prednost da ne dimi, pa putnici mogu uz otvorene prozore promatrati prirodu bez bojazni da će im u oči upasti komadići ugljena. Ne puni vagone dimom u tunelima. Iz dimnjaka ne izbacuje čađu, pa su vagoni čisti. Ne izbacuje ni iskre koje su uzrok mnogih požara duž željezničkih pruga. Dizel-lokomotive su jače od parnih, a osobito im je polazna snaga jaka, pa vlak nakon izlaska iz kolodvora vrlo brzo doseže punu brzinu, svakako mnogo prije nego vlak što ga vuče parna lokomotiva. Dizel-lokomotive su uvijek spremne za vožnju, a i ekonomičnije su jer se za njihova dužeg zadržavanja može obustaviti pogon. Osim toga kod njih otpada razvoženje ugljena duž pruga i odvoženje šljake, a to zauzima mnogo vagona i lokomotiva, zakrčuje prugu i stvara velike troškove. Dizel-lokomotivama ne treba ni mnogo vode. One su vrlo ekonomične. Djelotvornost je jedne parne lokomotive 5,4%, električne lokomotive 11,8%, a dizel-električne čak 17%. Zbog toga se dizel-električne lokomotive uvode na sve pruge koje nisu elektrificirane. One imaju i velik akcioni radijus pa mogu prevaliti i više od 1000 km a da ne nadopunjavaju gorivo. Ima manevarskih dizel-električnih lokomotiva s tankom plinskog ulja u tzv. truck-traktoru, koje bez dopune goriva ranžiraju vagone deset dana.

LOKOMOTIVE S PLINSKOM TURBINOM

Plinska turbina je posebna vrst stroja s unutrašnjim izgaranjem. Ona je sastavljena od kompresora, gorišta i turbine. Plinska turbina radi na ovom principu: zrak se tlači u gorište tako da se u njemu stvori visok tlak; u gorište se uštrcava i plinsko ulje koje tu izgara, grije zrak i još više povećava tlak; visokostlačeni zrak ulazi u turbinsko kućište, suklja velikom brzinom između lopatica, udara u njih, potiskuje ih i tako okreće turbinu.

Zrak se u plinsku turbinu utiskuje *kompresorom*, koji djeluje kao jak ventilator, a okreće ga sama turbina. Vrlo su često kompresor i plinska turbina na istoj osovini pa se tada i okreću zajedno. Jedan se dio snage koju proizvodi turbina troši za okretanje kompresora i tlačenje plinova, a ostatak se iskorišćuje za okretanje električnog generatora, avionske elise ili brodskog vijka.

Plinska turbina se može dobro iskoristiti samo onda ako se okreće velikom brzinom. Zato je pogodna za avione, vrlo brze ratne brodiće (lovce podmornica) ili za okretanje električnih generatora. Naprotiv, za pogon automobila, lokomotiva i velikih brodova nije pogodna jer stvara jaku buku, skupa je, troši mnogo goriva i neprikladna je za sporu vožnju i manevriranje.



Shematski presjek plinsko-turbinske lokomotive CCCC od 8500 KS s električnim prijenosom: 1. kabina motorovođe, 2. kompresor, 3. spremnici za vodu, 4. kočnički otpornici, 5. spremnik pijeska, 6. dizel-motor, 7. pomoćni generator, 8. hladnjak, 9. ventilatori vučnih elektromotora, 10. glavni generator električne energije, 11. ventilator glavnog generatora, 12. usisni otvor za zrak, 13. plinska turbina, 14. ispuh plinske turbine, 15. ventilatori vučnih elektromotora, 16. grijalo i filtar za ulje, 17. vučni elektromotori



Plinsko-turbinska lokomotiva s električnim prijenosom CCCC, General Electric, 8500 KS, sastavljena od dva stalno spojena dijela. U prednjem su dijelu kabina motorovođe, različni upravljački strojevi i aparati, pomoćni motori, pomoćni dizel-motor od 1000 KS. On tjera pomoćni generator električne struje. Njome se upućuje plinska turbina, a za vrijeme vožnje pune se akumulatorske baterije, tjeraju ventilatori za hlađenje glavnog generatora i vučnih eletromotora. Tim dizel-motorom pokreće se lokomotiva pri manevriranju na kolodvorima, a tjera se i generator električne rasvjete. U drugom dijelu lokomotive smještena je plinska turbina od 8500 KS i glavni generator električne struje, kojom se tjera 12 vučnih elektromotora. Oba dijela lokomotive teže 408 tona. Pogonsko je gorivo vrlo gusto ložno ulje, smješteno u vrućem stanju u tenderu, koji je grijan i izoliran staklenom vunom. Sadržava 130 m³. Na otvorenoj pruzi lokomotiva dostiže brzinu od 105 km na sat

Ipak u najnovije vrijeme sagrađeno je pedesetak lokomotiva, koje voze veoma dugim prugama, pa i nekoliko pokusnih automobila s pogonom na plinsku turbinu. I najsavršenija plinska turbina troši još uvijek više goriva nego dizel-motor, ali daje vrlo jaku snagu.

Plinsku turbinu prvi je patentirao Englez *John Barber* (Džon Barber) 1791. Prve ozbiljne pokuse s plinskom turbinom izvršili su *R. Armengaud* (Armangod) i *Ch. Lemale* (Š. Lemal). Armengaudova je plinska turbina dobro radila, ali se čitava njezina snaga trošila za okretanje kompresora pa nije preostalo nimalo snage za neki korisni rad. Mnogi su stručnjaci otad neprekidno usavršavali turbinu i kompresor. God. 1934. izradio je *H. Holzwarth* (Holcwort) plinsku turbinu koja je okretala kompresor i proizvodila 2000 *kW* korisna rada.

Prva plinsko-turbinska lokomotiva izrađena je 1941. u Švicarskoj. Ona je imala električni prijenos. Turbina od 2000 KS okretala se brzinom od 5000 okretaja u minuti, a temperatura plinova na ulasku u turbinu kretala se oko 600°C. Do 1944. lokomotiva je prešla 60 000 km, tada je na neko vrijeme pozajmljena francuskoj željeznici, gdje je vukla ekspresne vlakove između Strasbourga i Basela, a nakon osamnaest godina službe, 1952. je pregrađena u električnu lokomotivu jer su, međutim, sve pruge bile elektrificirane.

Na temelju švicarskih iskustava 1946. je britansko društvo Great Western Railways izgradilo plinsku turbo-električnu lokomotivu od 2500 KS. za brzine do 145 km na sat, koja je vukla ekspresne vlakove do 1960. Isto društvo izgradilo je već 1947. drugu lokomotivu od 3500 KS, koja je vukla brze vlakove do 1952, ali se pokazala neekonomičnom, pa je 1952. pregrađena u električnu lokomotivu.

Čehoslovačka je 1952. uvrstila u pokusni promet svoju plinsku turbinsku lokomotivu s mehaničkim prijenosom od 3200 KS, a to je neobična vrsta prijenosa za takvu snagu. SSSR od 1959.



Prva serijska plinska turbo-električna lokomotiva izrađena 1959. u velikoj tvornici lokomotiva, vagona i mostova u Kolomni (RSFSR)

vrši pokuse i usavršava svoje goleme plinske turbo-električne lokomotive što ih izrađuje tvornica u Kolomni. U SAD je društvo Union Pacific, nakon dužih pokusa, naručilo najprije 20 lokomotiva od 4500 KS, a zatim 30 još većih od 9400 KS za brzinu do 104 km na sat, koje su sastavljene od dva elementa teška 408 t.

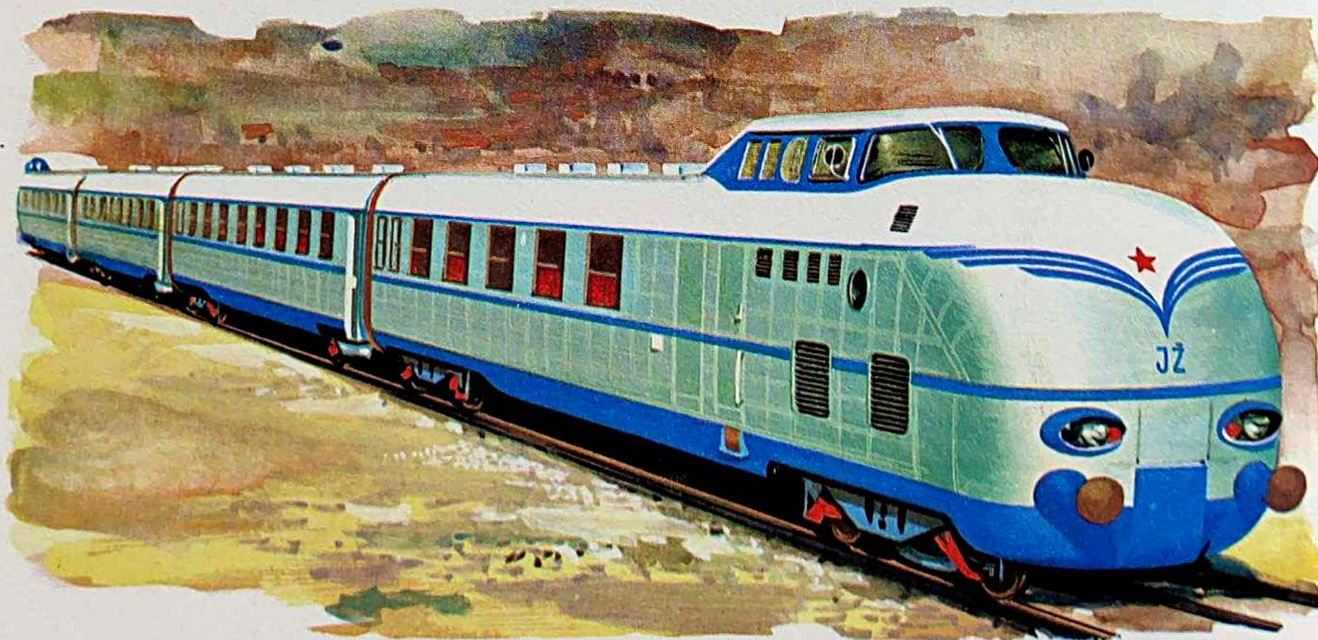
Lokomotiva s plinskom turbinom. U Sjedinjenim Američkim Državama i u Sovjetskom Savezu upotrebljavaju se u najnovije vrijeme velike lokomotive s plinskom turbinom za vuču teških vlakova koji saobraćaju veoma dugim prugama, preko čitavog kontinenta. Zbog toga što se plinske turbine mogu dobro iskoristiti samo onda ako se okreću velikom brzinom, one izravno ne služe za vuču vlakova, nego pokreću veliki električni generator koji proizvodi električnu struju, a tek tom strujom tjeraju se vučni motori na pogonskim osovinama kotača. Prema tome su to lokomotive koje same proizvode električnu struju plinsko-turbinskim generatorom, pa se i zovu lokomotive na turbo-električni pogon.

Djelotvornost je plinske turbine to veća, što je veća razlika tlaka, a to znači i razlika temperature, plinova na ulazu i izlazu iz turbine. Zbog toga se plinskim turbo-električnim lokomotivama smanjuje djelotvornost i snaga u toplim krajevima, pa se one najviše i upotrebljavaju na sibirskim, švedskim, američkim i kanadskim dugim prugama gdje je klima hladna. Kako, zbog opasnosti da ne pregore lopatice u turbini, temperatura na ulazu ne smije biti veća od 600°C, švedske, francuske i sovjetske željeznice iskušavaju osobitu vrstu plinskih turbina, koje umjesto turbo-kompresora imaju osobiti dizel-motor kao proizvođač stlačenog zraka. Takav zrak ima visok tlak uza znatno nižu temperaturu, pa se u plinskoj turbini može dobiti veća razlika u tlaku plinova uz manju razliku temperature.

Turbo-električna lokomotiva CCCC (tj. sa 3+3+3+3 vučne osovine) od 8500 KS sastoji se od dva stalno spojena dijela. U prednjem dijelu su upravljačnica, upravljačke sprave, kompresor zraka za kočnice i dizel-motor od 1000 KS s pomoćnim generatorom električne struje. Tom strujom upućuje se plinska turbina, u vožnji se pune akumulatori, tjeraju se ventilatori za hlađenje generatora i vučnih elektromotora. Struja daje pogon dinamu za električnu rasvjetu, kompresoru zraka za kočnice i drugim pomoćnim motorima. Strujom iz dizel-motornog generatora tjeraju se i vučni elektromotori na kotačima kad lokomotiva manevriva i vozi malom brzinom ili natraške na kolodvorima. U drugom dijelu lokomotive su plinska turbina i glavni generator koji proizvodi električnu struju za pogon vučnih motora. Tu su predgrijač i filtar za gorivo ulje. Iza lokomotive zakačen je tender kojemu su stijene izolirane staklenom vunom, a u njemu je u vrućem stanju 130 m³ vrlo gustog ulja što služi za pogon plinske turbine. Lokomotiva dostiže brzinu od 105 km na sat. Iako se 75% snage plinske turbine upotrebljava za okretanje kompresora, pa turbina troši više goriva nego dizel-motor iste snage, ipak razlika u pogonskim troškovima nije velika jer je gusto ulje jeftino.

Plinske turbine brzo se usavršavaju. Prugom Pariz—Cherbourg, od 1970, voze motorni vlakovi s plinskom turbinom helikoptera Super-Frelon. (Duljina turbine 2 m, širina 68 cm, visina 70 cm, masa 360 kg.) Vlak od 2 vučna i 2 obična vagona, sa 188 putnika, ukupne mase od 144 t, sa snagom od 1150 kW, dostiže brzinu od 180 km na sat.

Motorni vlak tvornice »Janko Gredelj« u Zagrebu. Na oba kraja vlaka su motorna kola s motornim prostorom, odjeljkom za prtljagu i sa 40 sjedišta za putnike. Jedna od srednjih kola imaju bar 48 sjedišta, a druga srednja kola 64 putnička sjedišta. Vlak je dvosmjeran i može se upravljati s oba kraja. Ima 2 vučna dizel-motora od 400 KS i 2 pomoćna dizel-motora od 80 KS. Duljina vlaka 82 m, neto težina 110 t, brzina 120 km na sat (uz uspon od 28‰ oko 40 km na sat)





Francuski panoramski turistički šinobus za izlete duž Azurne obale i po Alpama. Motor od 800 KS smješten je posve nisko usred vagona. Tu su tri spremnika za gorivo i prostor za prtljag. Sanduk, spremnici i još neki dijelovi, izrađeni su od slojevitog poliestera. Prijenos je električni. 88 putnika raspodijeljeno je na dva kata. Radi zaštite od sunca, stakla su od termopana, koji ne propušta tople infracrvene zrake. U staklima su jedva zamjetljive električne žice, koje ih zimi griju, tako da su i za najveće hladnoće prozirna

Motorni vlak. U novije doba upotrebljavaju se i takvi vlakovi što ih ne vuku teške lokomotive, nego su sastavljeni od vagona, od kojih prvi ima jedan ili dva dizel-motora, ponekad ima motor i drugi vagon; ostali su vagoni putnički vagoni prikolice. Takvi se motorni vagoni po opremi ne razlikuju od dizel-lokomotiva, samo su u njima motori redovito slabiji, a čitav je motorni uređaj zbijeniji da veći dio prostora ostane slobodan za robu, poštu, prtljag i putnike. Motorni vagon ima kompresor zraka za kočnice, kotao za parno grijanje i svu ostalu potrebnu opremu.

Motorovođa upravlja svima motorima iz prednje kabine prvog motornog vagona. Motorni vlakovi brži su od parnih vlakova jer su redovito i lakši. Najčešće su sastavljeni od 2—5 vagona i voze prosječnom brzinom od oko 100 km na sat. (Zagreb-ekspres 110 km na sat.)

Šinobus. Za kratke pruge i za izlete još su pogodniji šinobusi koji imaju samo jedan vagon pa naliče na autobuse. Moderni šinobus goni plosnati dizel-motor, koji se nalazi u podu vagona. Kreće se po željezničkom kolosijeku. Pogon, kočenje, grijanje ispušnim plinovima i električna rasvjeta jednaki su kao na autobusu. Kotači su kao na drugim vagonima, a ne kao na autobusima, pa stoga šinobus nema upravljačkog kola (volana) s uređajem za okretanje jer mu ne treba. Da bi vozili s manje buke, neki šinobusi imaju na kotačima nataknute gumene obruče tako da se ne čuje kad prelaze preko spojeva između pojedinih tračnica. Neki francuski šinobusi imaju povišenu sredinu tako da ostane više mjesta za motor i ostale pogonske uređaje ispod ostakljenog srednjeg dijela vagona u kojemu se nalazi odjel za putnike I razreda.

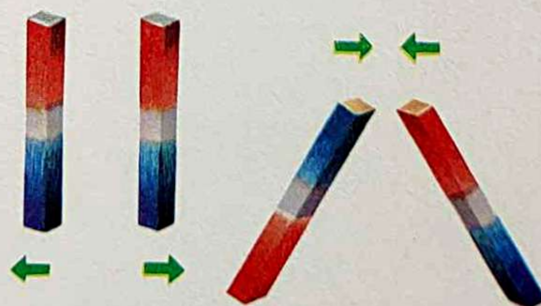
ELEKTRIČNE LOKOMOTIVE

Vlakove na elektrificiranim željezničkim prugama vuku električne lokomotive, koje dobivaju struju iz zračnog voda razapeta iznad pruge.

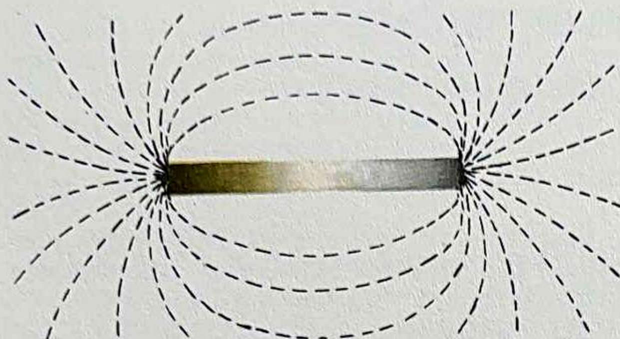
Kako djeluju svi motori na električnoj lokomotivi, može se shvatiti samo ako se upoznaju električne sprave na njoj.

Magnet. Prije sedam stotina godina čovjek je naučio kako se može učiniti da i željezna šipka privlači željezne predmete. Dovoljno je da se trlja magnetitom pa da i ona postane magnetična i da privlači komadiće željeza. Takva magnetska šipka zove se magnet i iskorištena je u magnetskom kompasu (v.). Opaženo je da jedna magnetska šipka djeluje na drugu ako se postave dovoljno blizu. Kad se sjeverni pol jedne magnetske šipke postavi blizu južnog pola druge šipke, polovi se približe i spoje jer ih privlači magnetska sila. Ako se sjeverni pol jedne magnetske šipke postavi blizu sjevernog pola druge šipke, polovi se razmiču jer ih magnetska sila odbija. Prema tome vidimo da se raznoimeni polovi međusobno privlače, a istoimeni odbijaju.

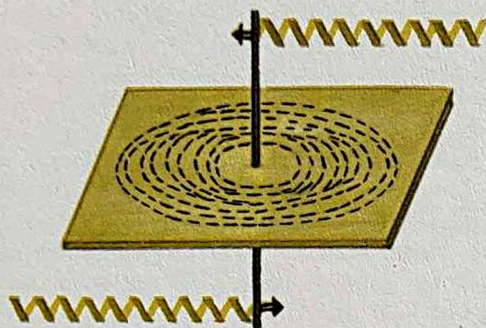
Prostor oko svakog magneta zove se *magnetsko polje*. U njemu magnet djeluje na komadiće željeza i druge magnete. Magnetsko polje nije vidljivo, ali mu se oblik ipak može otkriti ako se preko vodoravnog magneta položi list papira ili staklena ploča i pospe željeznom piljevinom. Zrnca piljevine već se pri padanju magnetiziraju, postaju sitne magnetske iglice, pa se na mjestu gdje padaju okreću i usmjeruju. Tako se dobiva slika magnetskoga polja. Dakako da takva slika ne prikazuje cijelo prostorno polje, nego samo jedan njegov presjek u ravnini papira. Ipak je i takav presjek dovoljan da se upozna cjelokupni raspored magnetskih silnica u prostoru. *Magnetske silnice* nemaju ni početka ni svršetka. One su zatvorene krivulje, zatvaraju se same u sebe.



Istoimeni se magnetski polovi odbijaju, a raznoimeni se privlače



Oblik se magnetskog polja nekog magneta može otkriti ako se preko vodoravna magneta položi list papira i pospe željeznom piljevinom



Magnetsko polje stvara se oko žice, dok kroz nju protječe električna struja. To se polje vidi ako se papir oko žice pospe piljevinom

Elektromagnet. Pošto je *Alessandro Volta* 1801. izumio električni stup i prvu galvansku bateriju, mnogi su se učenjaci bavili proučavanjem električne struje. Tako je i *Hans Oerstedt* (Ersted), profesor fizike na sveučilištu u Kielu, na svojim predavanjima vršio pokuse s galvanskim elementima. Usred eksperimentiranja jedan je student opazio da se svaki put kad je profesor žicu spojio s baterijom zakreće magnetska igla koja se nalazila na stolu blizu žice. Igla se opet vratila u prijašnji položaj čim je žicu isključio od baterije. Oerstedt nije toj pojavi odmah posvetio pažnju. Tek poslije osam mjeseci otkrio je vezu između elektriciteta i magnetizma.

Drugi su fizičari otkrili da se magnetsko polje stvara i oko žice kad kroz nju protječe električna struja. Pronašli su da i zavojnica od žice kroz koju protječe električna struja dobiva svojstva magneta. Na krajevima zavojnice stvaraju se magnetski polovi, a oko zavojnice magnetsko polje. Opazili su da se magnetizam pojačava ako se u zavojnicu uvuče željezna šipka. Tako je nastao *elektromagnet*. Magnetizam elektromagneta nije postojan. Dovoljno je samo prekinuti električnu struju da zavojnica sa željeznom jezgrom izgubi magnetizam. Ako se električna struja propusti kroz žicu obratnim smjerom, magnetu se mijenjaju polovi.

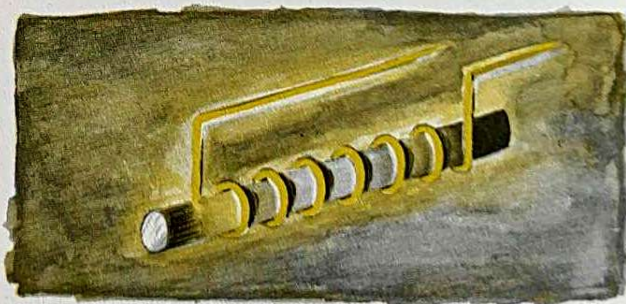
Ta se pojava i praktično iskorištava. Veliki elektromagneti upotrebljavaju se u lukama i u željezarama za pretovarivanje staroga željeza. Pošto se dizalicom elektromagnet spusti na vagon, on privuče željezo, onda se opet dizalicom podigne i prenese zajedno sa željezom do skladišta. Tu se prekine električna struja, elektromagnetu se uništi magnetizam, pa željezo padne na određeno mjesto.

Elektromagnet se nepostojanošću magnetizma razlikuje od magnetske šipke u kojoj je magnetizam postojan. Ali ni postojani magneti šipke i igle ipak nisu stalni, jer se i u njima magnetizam može poništiti ako se griju ili kuju.

Pošto su učenjaci ustanovili da elektromagnet privlači i potiskuje polove drugog magneta isto tako kao i postojan magnet, odmah su pomislili na to kako bi te sile iskoristili da one obavljaju rad.

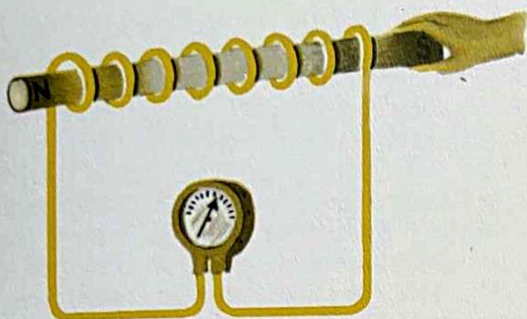
Američki fizičar *Joseph Henry* (Džozef Henri) izradio je 1830. prvi električni stroj. Veoma dug elektromagnet (dvostruku jezgru obavijenu zavojnicom) postavio je vodoravno na uspravni drveni stupić tako da su mu se krajevi mogli dizati i spuštati kao na ljuljački. Ispod zavojnice postavio je dva postojana magneta, a ispod krajeva jezgri dvije galvanske baterije. Kad su se jezgre nagnule na jednu stranu, zatvorile su polove i strujni krug galvanske baterije na toj strani, a prekinule strujni krug na drugoj strani. Struja je protekla kroz zavojnicu protivnim smjerom, a magnetske sile na kraju zavojnice potisnule su ljuljačku na drugu stranu. Ista se pojava događala kad su se željezne jezgre sa zavojnicama približile drugom kraju, pa se ljuljačka neprekidno njihala desno-lijevo.

Prvi industrijski upotrebljiv električni stroj izradio je 1870. belgijski radnik (kasnije čuveni elektromehaničar u Parizu) *Zenobe Gramme* (Zenob Gram). Kasnije su i drugi izumitelji usavršavali električne strojeve. Takvi se strojevi dijele na dinamo-strojeve i elektromotore, a rade na temelju elektromagnetske indukcije.



Željezna šipka (jezgra) ovijena žicom (zavojnicom) kroz koju protječe električna struja postaje magnetična i zove se elektromagnet

Elektromagnetska indukcija. Kao što se električnom strujom može stvoriti magnet, tako se i obratno s pomoću magneta može proizvesti električna struja. Izradimo od žice svitak (zavojnicu) i spojimo ga s *voltmetrom*, instrumentom kojim se mjeri napon električne struje.



Dok se magnet izvlači iz svitka ili uvlači u nj, kazaljka voltmetra pokazuje da kroz svitak protječe električna struja. Ta se pojava naziva elektromagnetska indukcija, a struja koja se u svitku pobuđuje na takav način, naziva se inducirana električna struja

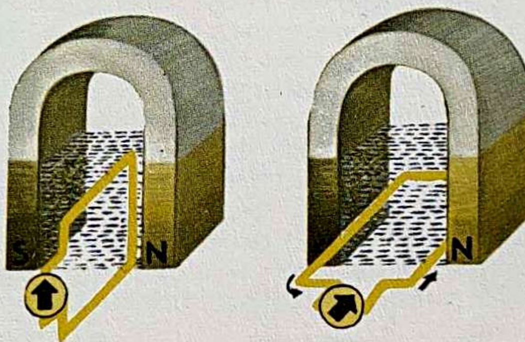
Voltmetar pokazuje protječe li kroz svitak električna struja. Dok u svitak uvlačimo magnetski štap, kazaljka voltmetra pokazuje da struja protječe kroza nj. Čim zaustavimo magnetski štap, struja prestane protjecati, a kazaljka se vraća u sredinu. Dok izvlačimo magnet iz svitka, kazaljka se u voltmetru otklanja na drugu stranu, a to je dokaz da svitkom protječe struja obratnog smjera. Takva se pojava zove *elektromagnetska indukcija*, a struja proizvedena na taj način naziva se *inducirana struja*. U ovom se pokusu pomicao magnet, a svitak je bio nepomičan. Međutim, voltmetar pokazuje induciranu struju jednake jakosti i kad se postupa obratno, tj. kad se pomiče svitak, a magnet ostaje nepomičan.

Generator izmjenične struje. Ako se umjesto magnetskog štapa upotrijebi magnetska potkova, magnetsko polje je između njezinih polova mnogo jače. Umjesto da se pomiče magnetski svitak, mnogo je povoljnije ako se on u magnetskom polju okreće. Bitno je da se premještanjem žice svitka sijeku magnetske silnice magneta.

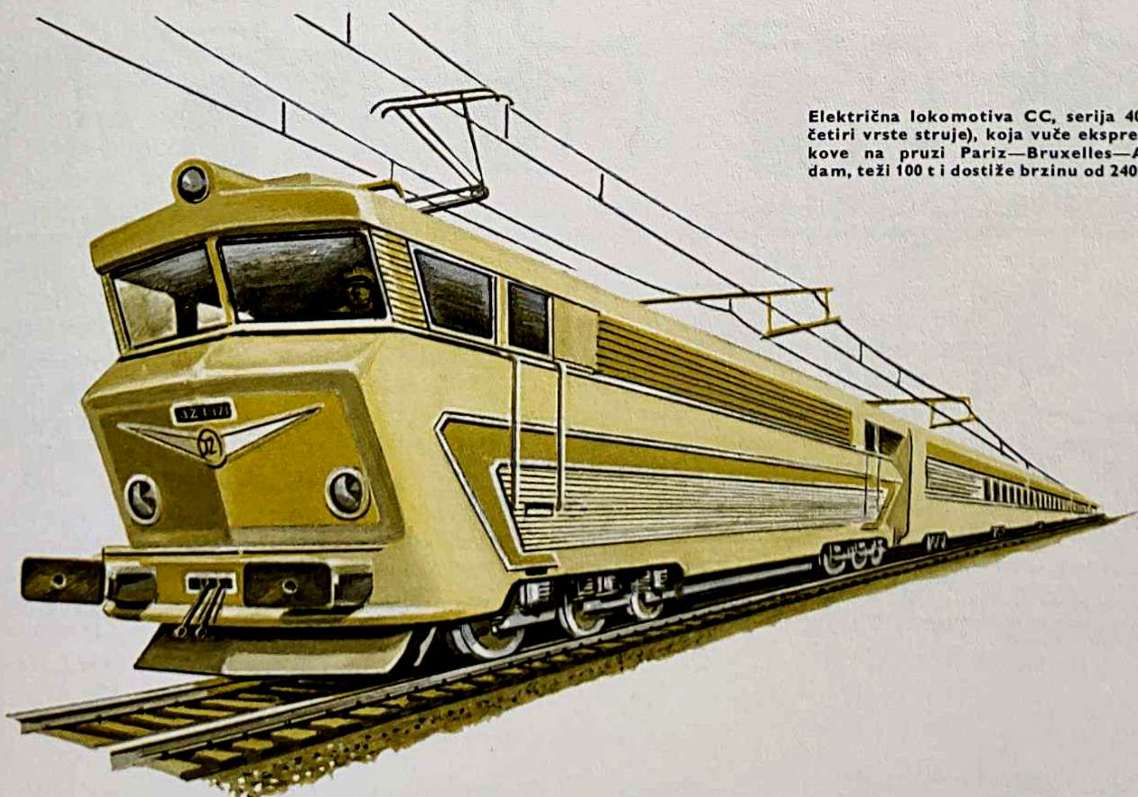
Kad pri okretanju svitak siječe magnetske silnice okomito, u njemu se inducira najjača struja. Kad se svitak okreće uz silnice ili niz njih, struja u svitku postaje slabija. U trenutku kada se svitak giba gotovo usporedno sa silnicama pa ih ne siječe, struja prestaje teći.

Električna struja, koja se inducira u svitku, odvodi se na dva međusobno izolirana mala valjka, koji se zovu *kolektori*, skupljači struje. Kolektori se uvijek okreću zajedno sa svitkom, a struja se iz njih oduzima *četkicama*. Kako su iskre iz snopića bakrenih žica kvarile kolektore, sada se umjesto četkica upotrebljavaju pločice od grafita, ali se i one nazivaju četkicama.

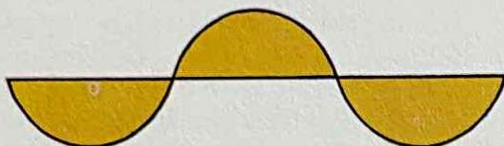
Ako ispitamo smjer struje u svitku, opazit ćemo da za pola okretaja svitka struja teče u jednom smjeru, a za druge polovice okretaja teče u drugom smjeru. Električna struja koja teče čas u jednom čas u drugom smjeru jest *izmjenična struja*, a stroj, koji je proizvodi, zove se *generator* (proizvođač) izmjenične struje.



Induciranje električne struje u svitku koji se okreće u magnetskom polju. Lijevo, dok se uzdužne žice gibaju usporedno s magnetskim silnicama, u njima nema struje. Desno, dok uzdužne žice pri okretanju sijeku magnetske silnice, kroz zavojnicu teče najjača struja



Električna lokomotiva CC, serija 40101 (za četiri vrste struje), koja vuče ekspresne vlakove na pruzi Pariz—Bruxelles—Amsterdam, teži 100 t i dostiže brzinu od 240 km/sat



Naponska krivulja izmjenične struje

Što se više magnetskih silnica siječe u određenom vremenu, to je inducirana struja jača. Prema tome, struja je to jača što se generator brže okreće. Osim toga, učinak je generatora veći ako se u njemu umjesto jednim svitkom sijeku magnetske silnice s pomoću više svitaka. Stoga moderni generatori imadu *kotvu* oko koje je namotano mnogo svitaka. Kotva, koja se okreće (rotira), naziva se *rotor*, a nepomični magneti zovu se *stator*.

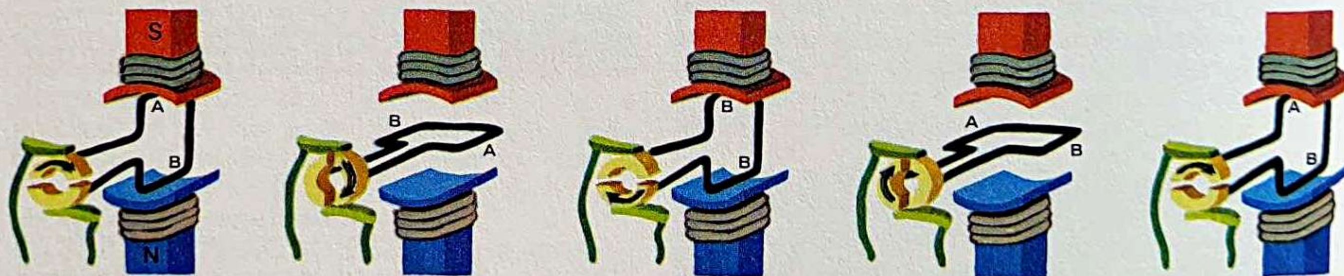
Generator istosmjerne struje. Danas ima generatora koji proizvode drugu vrst električne struje: *istosmjernu struju.* Takva struja ne teče čas u jednom čas u drugom smjeru, nego uvijek samo jednim stalnim tokom. Generator, koji proizvodi istosmjernu struju, ima kotvu s namotanim svicima (*rotor*) i nepomične magnete (*stator*) jednako kao generator izmjenične struje, ali umjesto dva kolektora ima samo jedan prsten koji je presječen na dvije polovice. U rasjek između poluprstena umetnut je izolator tako da struja ne može prelaziti s jedne polovice prstena na drugu. Tako izrađen prsten zove se *izmjenjivač smjera* ili *komutator* jer induciranoj struji, koja u svitku teče izmjenično, mijenja smjer tako da iz stroja istječe u istom smjeru. Komutator djeluje ovako:

U trenutku kad pri vrtnji svitak prolazi kroz uzdužni položaj i siječe najviše silnica, u njemu se inducira struja najvećeg napona. Daljim okretanjem napon struje opada, a kad svitak prolazi kroz poprečni položaj i ne siječe silnice, struja prestane teći. Zato ni malo ne smeta što četkice u tom trenutku dodiruju istodobno obje polovice komutatora. Budući da se svitak i dalje okreće, napon inducirane struje ponovno raste, ali struja u svitku teče obratnim smjerom. Međutim, četkice su prešle s jednog poluprstena na drugi, pa i struja iz četkica odlazi istim smjerom kao prije pola okretaja kotve. Gornja četkica uvijek odvodi induciranu struju iz gornje polovice svitka, a donja četkica odvodi struju iz donje polovice svitka, ali to su uvijek dvije različne suprotne polovice žice u svitku.

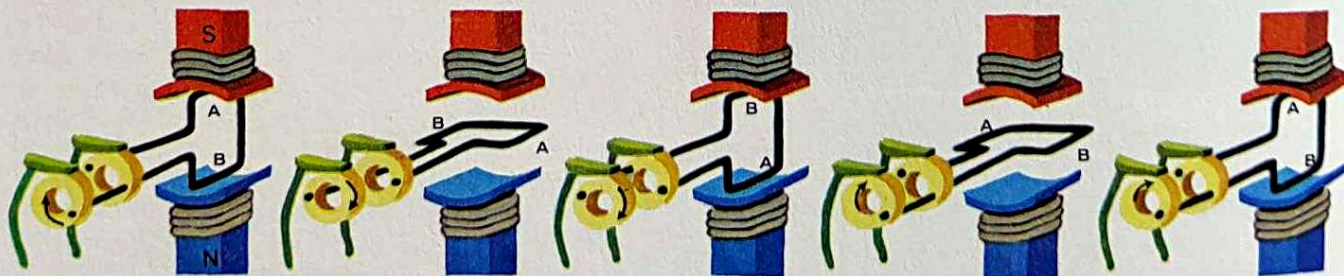


Gore: naponska krivulja usmjerene struje
Dolje: naponska krivulja istosmjerne struje

Tako dobivena istosmjerna struja nije stalno jednaka jer napon neprekidno raste i pada onako kako se okreće svitak. Da bi se izbjegao neprekidan pad i porast napona, generator ima veći broj svitaka, pa je i komutator u tom slučaju



Princip generatora izmjenične struje. Struja u svitku, koji se okreće u magnetskom polju između dva magneta, teče izmjenično od A prema B, a zatim od B prema A, jer je čas jedna strana zavojnice desno, a čas lijevo. Jednako je izmjeničan smjer struje i na četkicama generatora



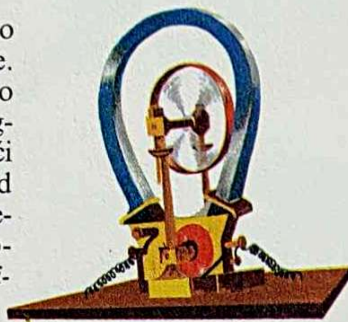
Princip generatora istosmjerne struje. Ovakav generator, samo s jednim svitkom daje usmjerenu struju, ali ako je u rotoru mnogo svitaka, generator daje istosmjernu struju, jer umjesto dva kolektora ima samo jedan prsten koji je presječen na dvije polovice, a u rasjek između poluprstena umetnut je izolator, tako da struja ne može prelaziti s jedne polovice prstena na drugu. Takav se prsten zove izmjenjivač smjera ili komutator, jer induciranoj struji, koja u svitku pri okretanju teče izmjenično, mijenja smjer, te iz generatora istječe uvijek u istom smjeru

podijeljen na isto toliko parova međusobno izoliranih dijelova. Četkice u takvu generatoru oduzimaju s komutatora samo struju najvećeg napona jer su dijelovi prstena na komutatoru u dodiru s četkicama samo onda kad je u njihovim svicima najjača struja. Budući da u rotoru ima mnogo svitaka, a na komutatoru mnogo dijelova prstena, struja iz dinama ima stalan smjer i jednak napon.

Stator je u prvom Grammovu generatoru bio čelični postojani magnet u obliku velike potkove. Takav se generator zove *magneto-generator* i do 1925. upotrebljavao se na automobilima za magnetsko paljenje gorive smjese u motoru. Veći dio električnih generatora ima danas stator od meka željeza s više svitka. Generator, koji umjesto postojanih magneta ima u statoru elektromagnete, zove se dinamo-generator ili kraće *dinamo* (grč. dynamis = sila).

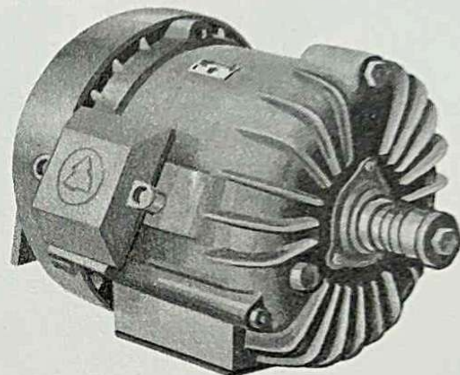
tao zajedno s prvim. Tako je greškom montera otkriven elektromotor.

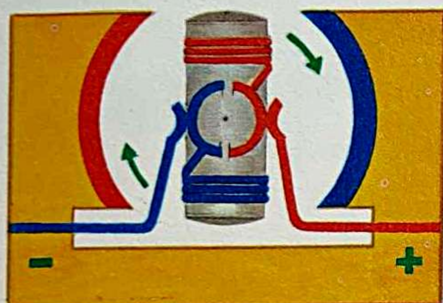
I elektromotor se sastoji od nepomična magneta (statora) i elektromagneta koji se okreće (rotora). Kad električna struja proteče kroz svitke, u rotoru se stvaraju sjeverni i južni pol. Južni pol statora privlači sjeverni pol rotora, ali istodobno

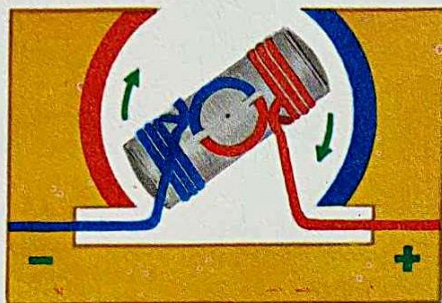


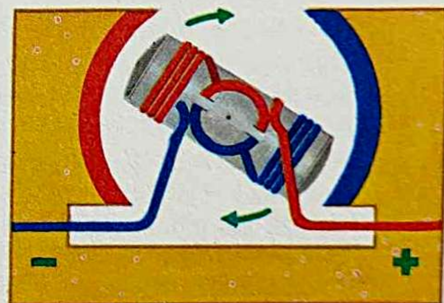
Belgijski radnik Zenobe Gramme izradio je 1870. prvi električni generator i posve slučajno, na bečkoj izložbi, otkrio elektromotor

Dolje: elektromotor









Elektromotor sastavljen je od nepomična magneta (statora) i od elektromagneta koji se okreće (rotora). Kad električna struja proteče kroz svitke, u rotoru se stvaraju sjeverni i južni pol. Južni pol statora privlači sjeverni pol rotora, ali istodobno sjeverni pol statora privlači južni pol rotora, pa se rotor okrene. Ako struja i dalje teče kroz svitke u istom smjeru, rotor se zaustavi na onom položaju gdje se njegov sjeverni pol najviše približi južnom polu statora. Ako se u tom trenutku promijeni tok struje u svicima rotora, mijenjaju se i polovi, motor se dalje okreće i dolazi u početni položaj. Dakle, rotor se neprekidno okreće ako se u njegovim svicima pravilno mijenja tok struje komutatorom na osovini rotora

Elektromotor. Kad je izradio prvi električni generator, *Zenobe Gramme* nije ni slutio da je jednim izumom stvorio dva oprečna električna stroja: jedan (generator) koji proizvodi električnu struju kad mu se okreće rotor i drugi (elektromotor) koji se okreće kad mu se u rotor dovodi električna struja. Oprečnost je slučajno otkrivena na svjetskoj izložbi u Beču gdje su bila izložena dva Grammova generatora. Monteri su remenicu jednoga generatora spojili s pomoću remena sa zamašnjakom parnog stroja, jer je bilo predviđeno da se jedan generator okreće i proizvodi električnu struju, a drugi da posluži samo kao izložbeni uzorak i rezerva ako se prvi pokvari.

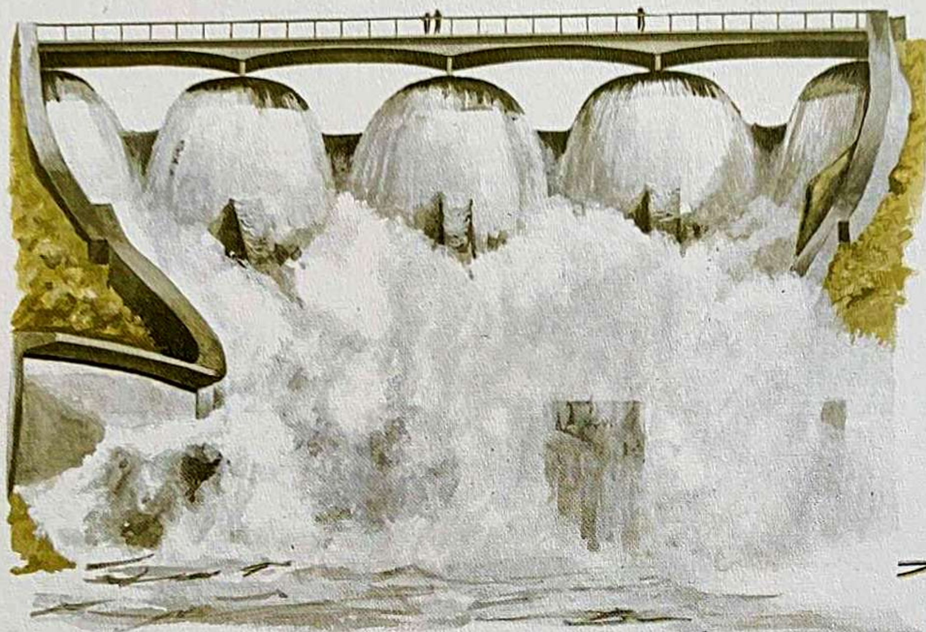
Četkice jednoga i drugog generatora bile su slučajno međusobno povezane žicama. Kad je upućen parni stroj, prvi se generator okretao i proizvodio struju, ali struja je iz njega prolazila kroz svitke drugog stroja. Na golemo čudo svih prisutnih, drugi se stroj pokrenuo i stalno okre-

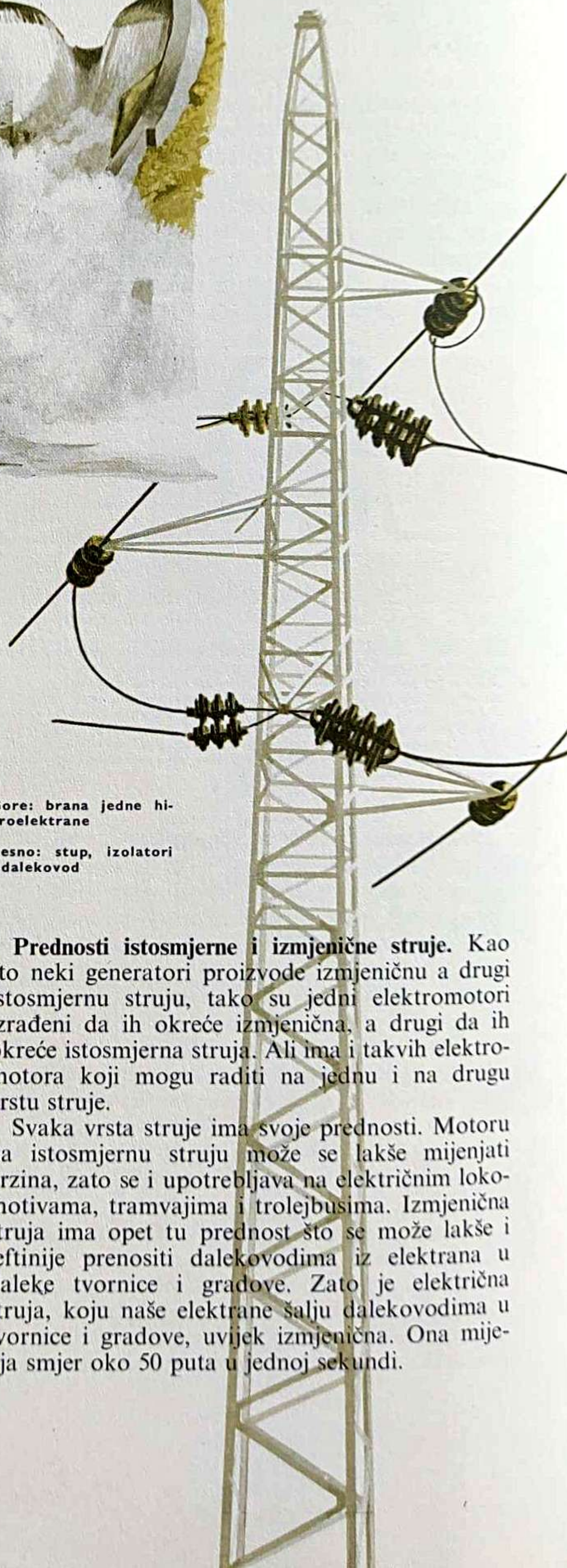
sjeverni pol statora privlači južni pol rotora, pa se rotor okreće. Ako električna struja i dalje teče kroz svitke u istom smjeru, rotor se mora zaustaviti na onom položaju gdje se njegov sjeverni pol najviše približi južnom polu statora, a njegov južni pol gdje je najbliže sjevernom polu statora. Međutim, ako se u tom trenutku promijeni tok električne struje u svicima rotora, mijenjaju se i polovi. Motor se dalje okreće i ponovno dolazi u početni položaj. Dakle, rotor će se neprekidno okretati ako se u njemu pravilno mijenja tok električne struje.

Da bi se u pravom trenutku promijenio smjer struje u rotoru, služe *komutator* i *četkice*. Električna struja dovodi se na komutator četkicama koje klize po njemu. Komutator je nataknut na osovinu pa se okreće zajedno s rotorom. Čim rotor dođe u onaj položaj kad treba promijeniti smjer struje, komutator propusti struju suprotnim smjerom jer četkice prijeđu sa jednog poluprstena na drugi. Sjeverni pol rotora pretvori se

u južni, a južni pol u sjeverni. Polovi statora opet privlače i potiskuju polove na rotoru, pa se on i dalje okreće. Na tom principu izrađen je elektromotor.

Elektromotori su pogodni i za vozila, osobito za ona koja prolaze kroz gradove (tramvaji, trolejbusi, podzemne željeznice i dr.) jer voze bez dima i buke.





Gore: brana jedne hidroelektrane

Desno: stup, izolatori i dalekovod

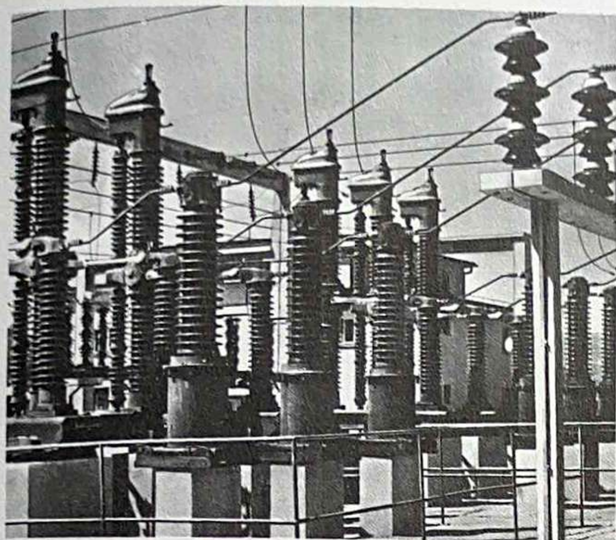
U većem dijelu modernih elektromotora stator nije postojan magnet, nego je i on elektromagnet, a rotor nema samo dva nego više polova, pa je i učinak takva elektromotora mnogo veći.

Prednosti su elektromotora u tom što oni rade bez buke i dima, okreću se velikom brzinom, a velika im je i snaga. Oni zapremaju malo prostora i mogu se smjestiti u svim položajima: vodoravno, uspravno i koso. Sada se više ne moraju u tvornicama, kao u doba parostroja, postavljati duge osovine s remenicama što su prolazile kroz sve radionice s mnoštvom svakovrsnih remena, koji su bili golema opasnost za živote radnika. Danas kroz radionice prolaze gotovo nevidljivi kabeli, a svaki stroj ima onoliko elektromotora koliko je potrebno za njegov rad. Nekad je svaka radionica u gradu morala imati svoj parni stroj koji je s pomoću osovina i remena okretao radne strojeve. Sada je takva radionica spojena s pomoću kabela ili žicama s električnom centralom, a radne strojeve okreću elektromotori.

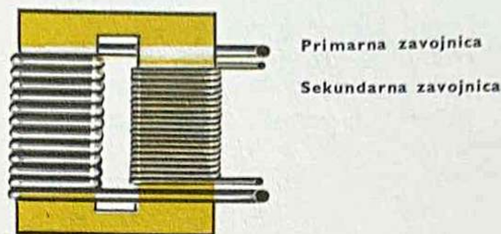
Elektromotori sve više prodiru i u kućanstvo. Nalaze se u mnogim aparatima od dizala (lifta), usisavača prašine, čistača parketa, hladnjaka i kuhinjskih mješalica do brijaćih aparata, sušila za kosu, gramofona i magnetofona. Danas ne možemo ni zamisliti kako bi izgledao stan u kojemu bi se »moderni« aparati tjerali parnim strojem, smještenim negdje u podrumu, te s pomoću osovina i remena koji bi prolazili kroz sve katove i stanove.

Prednosti istosmjerne i izmjenične struje. Kao što neki generatori proizvode izmjeničnu a drugi istosmjernu struju, tako su jedni elektromotori izrađeni da ih okreće izmjenična, a drugi da ih okreće istosmjerna struja. Ali ima i takvih elektromotora koji mogu raditi na jednu i na drugu vrstu struje.

Svaka vrsta struje ima svoje prednosti. Motoru na istosmjernu struju može se lakše mijenjati brzina, zato se i upotrebljava na električnim lokomotivama, tramvajima i trolejbusima. Izmjenična struja ima opet tu prednost što se može lakše i jeftinije prenositi dalekovodima iz elektrana u daleke tvornice i gradove. Zato je električna struja, koju naše elektrane šalju dalekovodima u tvornice i gradove, uvijek izmjenična. Ona mijenja smjer oko 50 puta u jednoj sekundi.



Lijevo: transformator koji pretvara izmjeničnu struju visoka napona male jakosti u izmjeničnu struju niska napona velike jakosti. Dolje: svaka promjena smjera izmjenične struje u jednoj zavojnici mijenja magnetsko polje jezgre, a indukcijom se pobuđuje u drugoj zavojnici struja većeg ili manjeg napona, koji zavisi o broju zavoja



Transformator. Izmjenična struja je pogodna za prenošenje na velike daljine zato jer se može lako pretvarati (transformirati) s visokog napona na niži, ili s nižeg na viši. To se pretvaranje vrši u spravi koja se zove transformator. U njemu se izmjenična struja niska napona velike jakosti transformira u izmjeničnu struju visoka napona male jakosti, ili obratno, struja visoka napona i male jakosti pretvara se u struju niska napona velike jakosti.

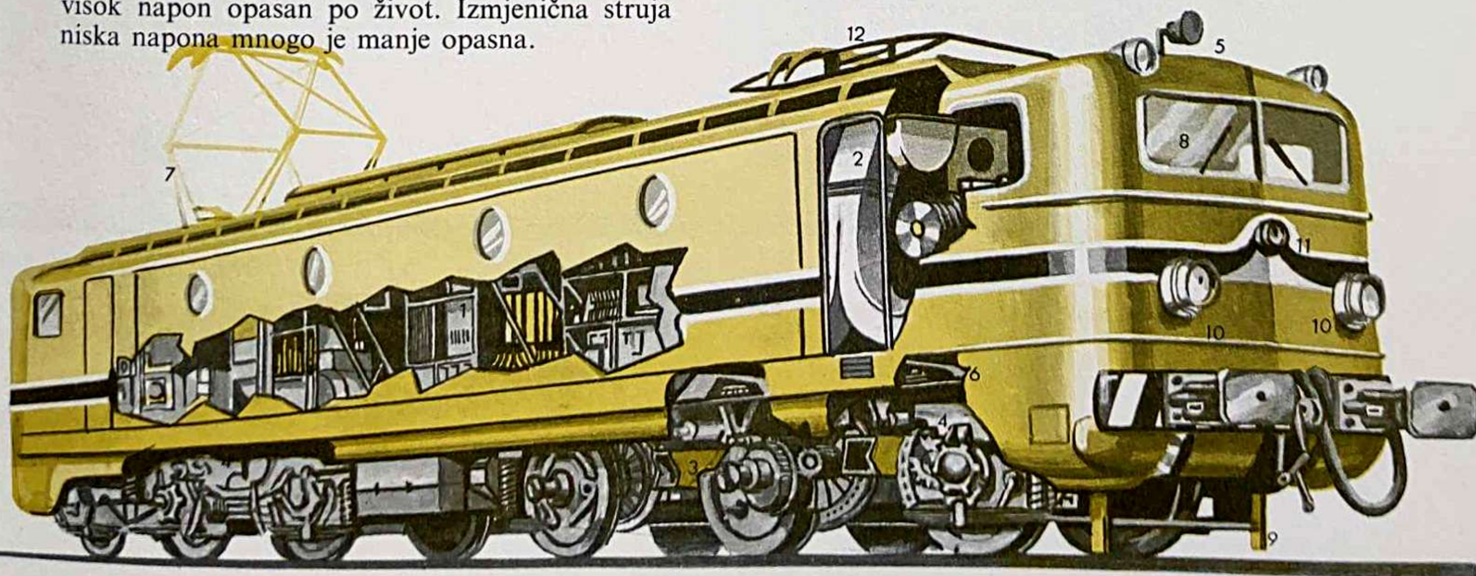
Izmjenična struja proizvedena u elektranama pretvara se transformatorom u struju visoka napona i male jakosti i prenosi se dalekovodom do grada ili tvornice. Pred gradom ili tvornicom pretvara se opet u struju niska napona velike jakosti. Zacijelo će nas zanimati zašto se struja transformira kad se uvijek pri tom stanoviti dio struje gubi. Razlog je u tom što bi za prijenos struje velike jakosti trebalo postavljati debele dalekovode i vješati ih o jake tornjeve na malim razmacima. Bio bi to uzaludan trošak jer se jednaka električna snaga može prenijeti tankim žicama ako se električna struja pretvori u struju male jakosti, ali visoka napona. Pred gradovima i tvornicama treba napon opet smanjiti jer je visok napon opasan po život. Izmjenična struja niska napona mnogo je manje opasna.

Mjere za električnu struju. Električnoj struji mjeri se napon i jakost. Napon se mjeri jedinicom koja se zove *volt* (po talijanskom fizičaru *Alessandru Volti*, 1754—1827), a jakost struje (količina koliko proteče struje kroz žicu u određenom vremenu) mjeri se drugom jedinicom koja se naziva *amper* (po francuskom fizičaru *Andréu Ampèreu*, 1775—1836). Za istosmjernu struju napon pomnožen s jakošću struje daje snagu koja se mjeri jedinicom *vat* (po engleskom izumitelju *Jamesu Wattu*, 1736—1819).

U izmjeničnoj struji snaga u vatima (W) uvijek je nešto manja nego što je umnožak napona u voltima (V) i jakosti u amperima (A).

Električna struja za pogon vozila. Još nije izumljen stroj u kome bi se na jeftin način pogonsko gorivo (ugljen, plinsko ulje, ulje za loženje ili benzin) neposredno pretvaralo u potrebnu količinu električne struje. Nekoliko je tzv. *gorivnih ćelija* (v.) izrađeno samo za pokus, pa će zacijelo proći još mnogo vremena dok se usavrše i upotrijebe u prometu i u industriji.

Francuska električna lokomotiva CC 7107, koja je do 1967. držala svjetski rekord brzine od 331 km na sat (s tri priključena vagona). Težina 102 tone, snaga 4000 KS. Na slici: 1. električni kontaktori, 2. usisne cijevi ventilatora za pretvarače i vučne elektromotore, 3. vučni elektromotori sa zupčastim prenosnicima, 4. cilindri stlačenog zraka za pneumatske kočnice, 5. signalna truba, 6. glavni gibnjevi, 7. pantografsko oduzimalo struje, 8. kabine motorovođe, 9. kamenobrani, 10. reflektori, 11. crveno svjetlo (gori pri vožnji u obratnom smjeru), 12. uvučeno pantografsko oduzimalo struje

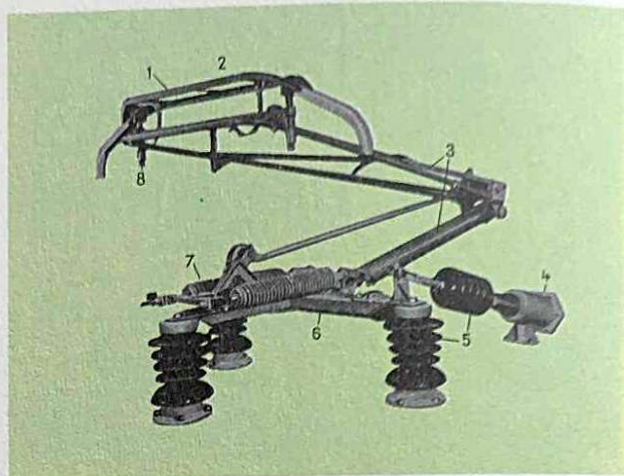


Da bi se proizvela električna struja, treba okretati generator parnim strojem, vodenom, parnom ili plinskom turbinom, benzinskim ili dizel-motorom. Struja se zatim iz generatora prenosi u elektromotor žicama (električnim vodovima). Stoga se automobili i avioni ne mogu pokretati elektromotorima jer se kreću u svim smjerovima, pa se ne mogu opskrbljivati strujom iz električnih vodova. Ima električnih vozila koja dobivaju struju iz akumulatora što ih nose sa sobom, ali su akumulatori kao izvori struje odviše teški i ne mogu dugo vremena davati mnogo struje.

Brodovi i neke velike lokomotive mogu nositi na sebi parostroj, dizel-motor ili plinsku turbinu. Ti strojevi okreću generator što proizvodi struju i tjera elektromotor. Na brodu elektromotor okreće vijak, a na lokomotivi kotače. Za mala i laka vozila takva je vrsta pogona odviše teška pa se stoga i ne upotrebljava na automobilima, motornim čamcima ni avionima.

Električne lokomotive voze, doduše, u svim smjerovima, ali uvijek po kolosijeku, tj. po određenim prugama. Stoga se one mogu opskrbljivati strujom iz električnih vodova (žica) podignutih iznad pruge ili iz posebne treće tračnice koja je položena uz kolosijek i izolirana od zemlje. Električna struja dolazi u lokomotivu s bakrene žice (kontaktnog voda) preko *oduzimala struje* (pantografa ili lire) na krovu lokomotive, ili iz kontaktne treće tračnice preko posebne klizaljke koja klizi po toj trećoj tračnici uz kolosijek.

Električna lokomotiva ima simetričan oblik. Na oba kraja su kućice odakle se upravlja vlakom. Iza njih su jedan i drugi kompresor što u rezervoare tlače zrak koji služi za kočnice. Iza kompresora su električni ventilatori što usisavaju zrak kroz otvor na krovu i pušu ga u elektromotore ispod lokomotive pa ih tako hlade. Jugoslavenske lokomotive BB 3000 V (2 + 2 para vučnih kotača; za napon od 3000 V) od 2100 KS imaju dva ventilatora, a iz svakoga

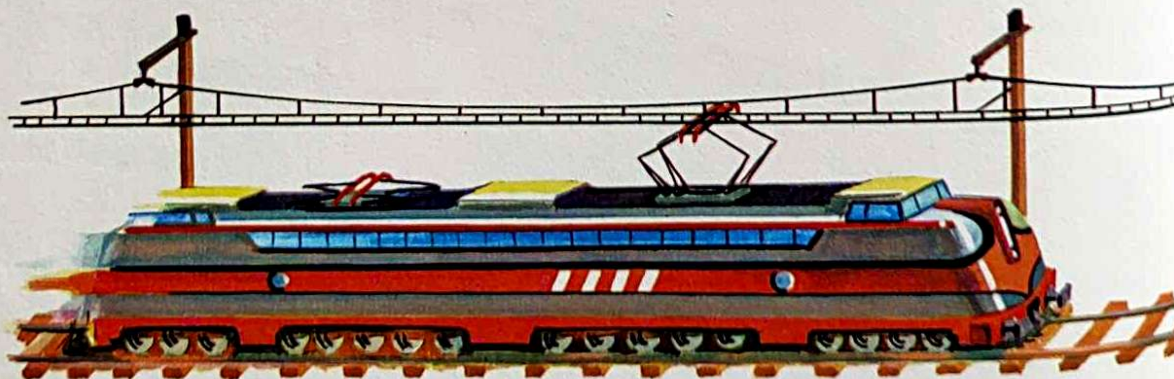


Zglobno oduzimalo struje električne lokomotive: 1. luk, 2. klizne trake, 3. poluge, 4. upravljalo, 5. izolatori, 6. križ, 7. opruge, 8. držalo

vode po dva odvojka širokih cijevi do četiri elektromotora koji okreću pogonske osovine kotača. U sredini lokomotive su *kontaktori* za upućivanje pogonskih elektromotora koji pokreću lokomotivu. U sredini su ispod lokomotive čelični rezervoari komprimirana zraka s Božićevim raspornikom za zračne kočnice. Kompresori sa zračnim blokom, ventilatori, kontaktori i *akumulatorska baterija* (za rasvjetu ako nastane prekid struje) i ostali uređaji smješteni su duž uzdužne osi lokomotive tako da desno i lijevo ostaje slobodan hodnik od prednje do stražnje upravljačke kućice.

Ova lokomotiva nema kotla za parno grijanje, pa ako vagoni nemaju uređaje za električno grijanje, mora se vlaku prikačiti *vagon s kotlom za parno grijanje*.

Električne lokomotive imaju veliku tehničku prednost u tom što se mogu na nizbrdicama kočiti i elektromotorima. To je uz zračno i ručno kočenje treći način kočenja. Elektromotor tada postaje dinamo, pa umjesto da troši, on proizvodi istosmjernu električnu struju koja se u lokomotivi pretvara u izmjeničnu struju, transformira na 3000 V i vraća u kontaktni vod. Prema



tome, električne lokomotive na nizbrdici postaju putujuće elektrane koje proizvedenu električnu energiju vraćaju svojoj energetskoj mreži.

Upravljačka mjesta na lokomotivi imaju uz *kontrolere* (sprave za upravljanje motorima da voze naprijed, natrag, polagano, brže i punom brzinom) ručke za zračne kočnice, uklopke za ventilatore, za kompresore, za električno grijanje i dr. Tu su i polužice za sipanje pijeska ispred i iza kotača da ne klize po tračnicama, za brisače stakala, za sirenu na komprimirani zrak itd. Na stijeni je iza upravljačevih leđa kotač ručne kočnice. Neke su moderne lokomotive opremljene i sigurnosnim uređajima. Ako se upravljač onesposobi ili onesvijesti, jedna elektronska sprava za 10 sekundi isključi električnu struju, koči i zaustavi čitav vlak. Druga opet sprava zaustavi vlak i onda ako upravljač slučajno ili zbog magle ne zamijeti da je zatvoren ulaz u postaju.

Kontaktna mreža. Električna struja dovodi se u kontaktni vod, koji teče iznad sredine pruge, iz hidroelektrane ili termoelektrane. Za pruge u Sloveniji i u Hrvatskoj, od Rijeke do Zagreba, hidroelektrane proizvode izmjeničnu struju od 10 000 V.

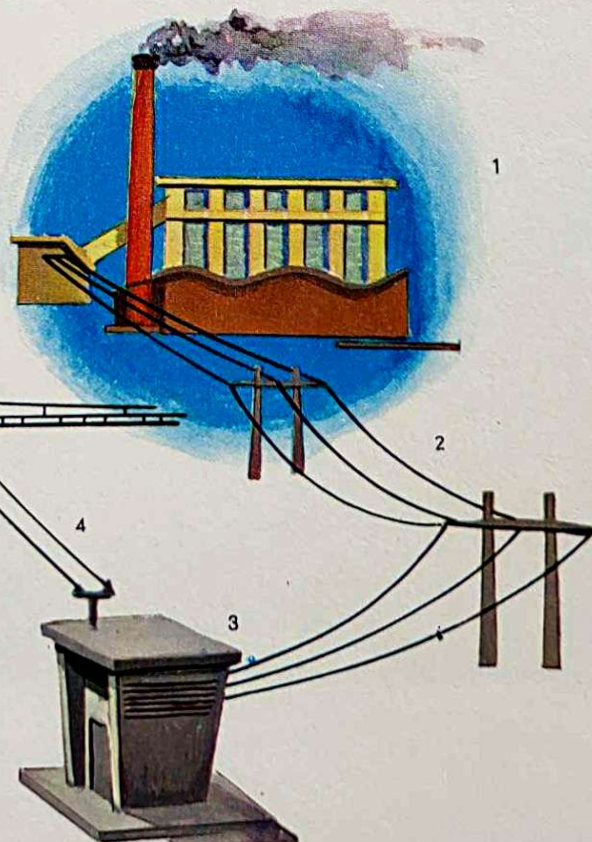
Zbog pogodnijeg prijenosa električne energije struja se u samim elektranama transformira u izmjeničnu struju visoka napona od 130 000 V. Takva struja prenosi se dalekovodima u *elektrovučne izmjenjivačke postaje*, postavljene duž pruga na razdaljinama od 30 do 50 km. Tu se napon struje smanjuje, i dobiva se izmjenična struja od 3000 V, a zatim se osobitim spravama, *živinim ispravljačima*, pretvara u istosmjernu struju istog napona. Iz ispravljačkih podstanica napaja se električnom strujom kontaktna mreža tih naših elektrificiranih pruga. Električne lokomotive uzimaju tu istosmjernu struju od 3000 V iz kontaktnog voda koji je razapet iznad sredine kolosijeka. Električnom strujom gone se vučni elektromotori ispod lokomotive, a oni okreću vučne osovine kotača.

Pri elektrifikaciji željeznica nije u svim državama upotrijebljena ista vrsta struje. Na žalost, ni u Jugoslaviji nema jedinstvene mreže. Slovenija i Hrvatska (od Rijeke do Zagreba) upotrebljavaju istosmjernu struju od 3000 V, a Hrvatska na ostalim prugama i druge republike jednofaznu struju od 25 kV, 50 Hz.

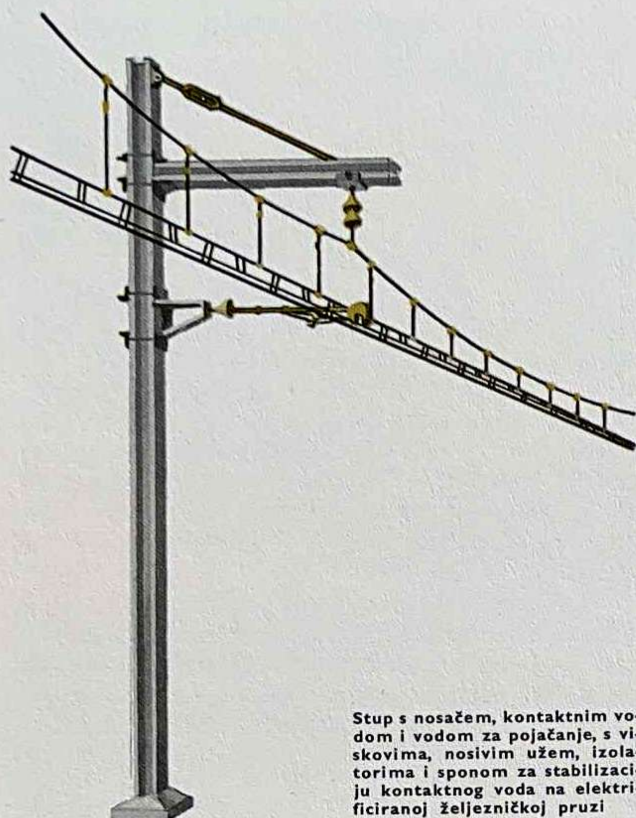
Italija i Belgija upotrebljavaju istosmjernu struju napetosti od 3000 V, Francuska istosmjernu struju od 1500 V i jednofaznu od 25 kV s frekvencijom od 50 Hz, Švicarska, Austrija, Njemačka i Poljska imaju izmjeničnu struju od 15 kV s frekvencijom od 16 2/3 Hz (jedna trećina od 50 Hz). SSSR, Portugal i Turska upotrebljavaju jednofaznu struju od 1,5 kV i 50 Hz, Nizozemska istosmjernu struju od 1500 V, a Švedska jednofaznu struju od 16 2/3 Hz.

Takva raznolikost u evropskoj mreži prisilila je inženjere da izrade lokomotive koje se mogu kretati prugama s različitom vrstom struje. Tako npr. francuska »četverostrujna« lokomotiva CC 40 101 (v. sliku) može vući bez prekida vlakove iz Marseillea u Amsterdam iako na putu četiri puta mijenja vrstu struje.

Kontaktni vod se ne razapinje izravno od stupa do stupa, nego na poseban način tako da visi posve vodoravno kako bi ga pantograf i pri najvećim brzinama lokomotive jednako dodirivao bez iskrenja. Stoga se između stupova, koji su razmaknuti 30 do 50 m, razapinje *nosivo uže*, a tek ispod njega, na *viskovima* različite dužine, opružen je vodoravno kontaktni vod. Nosivo uže služi istodobno i kao *pomoćni vod* struje. Iznad vrhova svih stupova opruženo je još debelo bakreno uže, tzv. *vod za pojačanje*. On služi za



Shematski prikaz napajanja strujom kontaktnog voda električne željezničke pruge: 1. termoelektrana, 2. dalekovod od 130 000 V napetosti, 3. elektrovučna izmjenjivačka postaja, 4. vod električne istosmjerne struje od 3000 V napetosti, 5. vod za pojačanje, 6. nosivo uže, 7. kontaktni vod, njega dodiruje oduzimalo struje na lokomotivi



Stup s nosačem, kontaktnim vodom i vodom za pojačanje, s viskovima, nosivim užem, izolatorima i sponom za stabilizaciju kontaktnog voda na elektrificiranoj željezničkoj pruzi

to da poveća presjek kontaktnog voda i prenese više struje, a osobito je važan onda kad se prekine kontaktni vod između dvije željezničke stanice jer se njime dovodi struja da ne dođe do prekida prometa. Stoga je vod za pojačanje spojen s kontaktnim vodom na svakoj željezničkoj stanici.

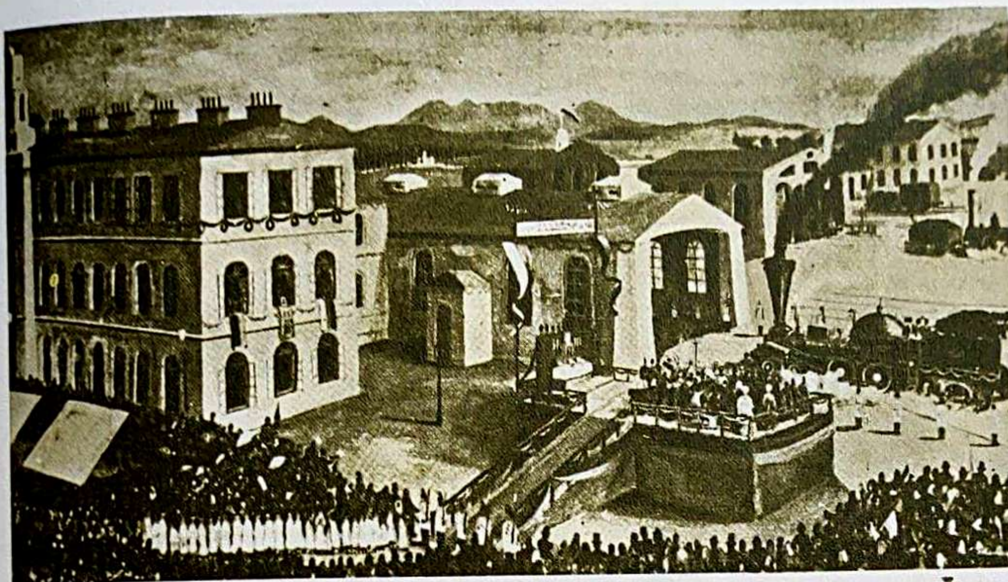
Na stanicama, kod tunela i na nekim drugim mjestima postavljaju se još *obilazni vodovi* koji su od koristi kad se na tim mjestima vrše popravci pa se struja mora prekinuti. Struja tada teče obilaznim vodom, pa se ne mora obustaviti promet na ostalim dionicama pruge.

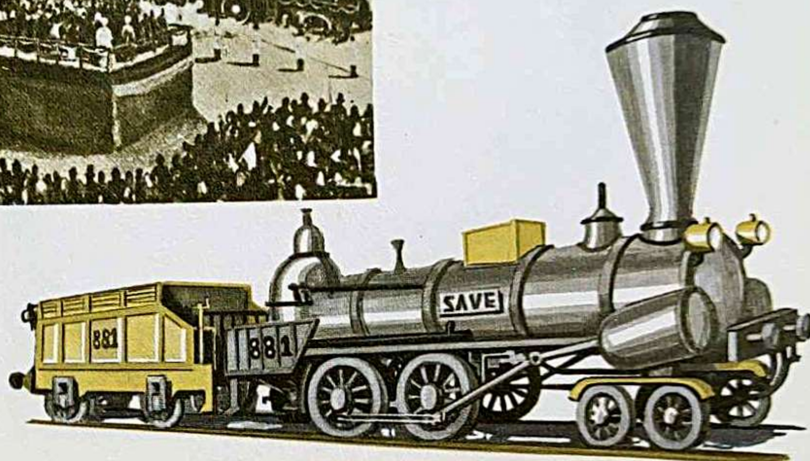
Na elektrificiranim željeznicama kao *povratni vod* služe željezničke tračnice koje su na sastavcima spojene bakrenim vezicama da se smanji električni otpor. Tračnice su međusobno spojene čeličnim poprečnim vezicama, pa ako ima više kolosijeka, i oni se svi međusobno povezuju.

Kako se kontaktni vod pri promjenama temperature steže i rasteže, treba žicu prekinuti po prilici na svakom kilometru dužine. Da žica ostane jednolično opružena, opterećena je teškim utezima, koji se kad je toplo vrijeme spuštaju, a kad je hladno vrijeme, dižu, već prema tome, kako se vod rasteže i steže. Prekinuti odsjeci kontaktnog voda međusobno su tako spojeni da nema prekida struje.

Akumulatorske lokomotive su posebna vrst električnih lokomotiva koje nose električnu energiju u sebi. Obično su posve malene i služe u nekim tvornicama i rudnicima za vuču vagončića industrijske željeznice. Lokomotiva ima sprijeda ili sa strane akumulatorsku bateriju. Istosmjerna struja teče iz akumulatora preko kontrolera u dva ili četiri elektromotora koji okreću kotače. Ostali je uređaj kao na električnoj lokomotivi, samo je znatno manji i jeftiniji. Akumulatorske lokomotive obično vuku vagone po danu, a noću su u spremištu priključene na električnu mrežu i pune im se akumulatori.







Gore: svečani doček prvog vlaka u Ljubljani 17. IX 1849.

Dolje: lokomotiva »Sava«. Jedna od prvih parnih lokomotiva koja je vukla vlakove na pruzi između Celja i Ljubljane

ŽELJEZNIČKE PRUGE

Željezničke pruge su umjetno sagrađeni putovi s čeličnim tračnicama kojima voze vlakovi. One spajaju različne zemlje i narode u kulturnom i trgovačkom pogledu. Željeznice prenose vijesti i poštu, pa zbližuju narode, djeluju na smanjenje troškova i izjednačenje cijena, olakšavaju putovanja i širenje kulture, umjetnosti i znanosti. U krajevima kojima prolaze ubrzava se napredak i uklanja zaostalost.

Prema razmaku tračnica (širini kolosijeka) željezničke se pruge dijele na normalne, uskotračne i širokotračne. Ima pruga i samo s jednom tračnicom. Željeznica ima običnih, podzemnih i visećih. Prema tlu kojim prolaze razlikuju se pruge na ravnicama, brdske, planinske obične i zupčaste željeznice. Posebna su vrst uspinjače i žične željeznice. Prema namjeni razlikuju se javne, šumske, poljske, industrijske, rudničke i dr. željeznice.

Prva pruga na kojoj su vozila kola s konjskom spregom otvorena je u Engleskoj 1795. između *Cardiffa* (Kardifa) i *Merthyr—Thydfilla* (Mertir—Tajdfla), a 1827. otvorena je pruga između *Stocktona* i *Darlingtona*. Prva pruga u Evropi sagrađena je 1835. u Njemačkoj između *Nürnberga* i *Fürtha*, a na teritoriju Jugoslavije 1846. između *Šentilja* i *Celja*.

Prve željezničke pruge u Jugoslaviji. U doba kad su naši zapadni krajevi bili pod vlašću Austro-Ugarske gradile su se prve željeznice u Sloveniji, Hrvatskoj i Vojvodini, ali ne za potrebe naših naroda, nego za trgovinu i političke ciljeve Austrije u Sloveniji, Madžarske u Vojvodini i Slavoniji, a obiju strana dvojne monarhije u Hrvatskoj. I prva željeznička pruga u današnjoj Jugoslaviji, između Šentilja i Celja, otvorena je za promet 2. VI 1846. kao odlomak austrijskog puta na Jadran, tj. kao dio dvokolosiječne pruge Beč—Trst. Slično su i pruge na krajnjem sjeveroistoku, u Vojvodini, sagrađene kao završetak madžarskog puta iz Budimpešte na Dunav u Orşovu.

Slovenija. Za Sloveniju je svakako važniji bio dolazak prvog vlaka u slovenski glavni grad, kad je 17. IX 1849. otvorena pruga između Celja i Ljubljane, a osobito kad je 1857. otvoren i treći dio do Trsta. Prugu je sagradila austrijska država, ali ju je zbog slabih financijskih prilika predala na iskorištavanje *Južnim željeznicama*, društvu koje je upravljalo svim željeznicama na jugu Austrije. Dio Južnih željeznica, koji se zatekao na jugoslavenskom teritoriju, preuzele su 1. IX 1923. Jugoslavenske državne željeznice.

Južne željeznice su izvrsno održavale svoje pruge. Već 1903. položile su tračnice od 44 kg po metru, koje su dopuštale promet teških vozila od 18 t pritiska po osovini i do brzine od 100 km na sat. (Tek 1928. položene su kod nas tračnice od 45 kg/m na drugom kolosijeku dvokolosiječne

pruge između Zemuna i Novske i osposobljena je pruga, između Vinkovaca i Novske za brzinu do 100 km na sat.) Od glavne magistrale Beč—Trst uskoro su sagrađeni i odvojci: Pragersko—Kotoriba 1860, Zidani Most—Zagreb 1862, Maribor—Prevalje (Klagenfurt) 1865, Ljubljana—Planica (veza s talijanskom mrežom) 1870, Pivka—Rijeka 1873, Divača—Pula—Rovinj 1876. i još neki manji.



1860

Prve pruge na našem tlu povezivale su Beč s Trstom i Budimpeštu s Dunavom

Vojvodina je poslije Slovenije kao druga dobila prve željezničke pruge na teritoriju današnje Jugoslavije. Tu je razvoj željezničke mreže bio povezan s razvitkom željeznica u Madžarskoj, ali su prve pruge bile posve na rubu našeg teritorija. Kroz jugoslavenski teritorij prolazila je prva pruga od današnje granice s Rumunjskom, preko Jasenova, Bele Crkve i Vračeva Gaja u Baziaş. Ona je otvorena za javni promet 1. XI 1856. Prije toga upotrebljavala se, u početku s konjskom vučom, za prijevoz plodina iz državnih dobara i ugljena iz madžarskih rudnika u Baziaş na Dunavu. Dio te pruge, od granice do Jasenova, demontiran je 1919, a sada je u prometu pod upravom Jugoslavenskih željeznica 18,7 km pruge, od Jasenova do dunavske obale u Baziaşu u Rumunjskoj. To je svakako s našeg gledišta sporedna pruga. Prva važnija pruga dio je madžarske magistrale Szeged—Timişoara—Orşova i ogranka Timişoara—Vršac—Jasenovo—Baziaş. Na našem teritoriju otvoren je 1857. dio koji prolazi kroz Banatsko Aranđelovo i Kikindu, a 1858. onaj dio koji vodi od Vratina kroz Vršac u Jasenovo. Pruga Subotica—Novi Sad, danas najvažnija magistrala Vojvodine, otvorena je 1883.

Hrvatska. Kao što su se u Sloveniji gradile željezničke pruge za potrebe Austrije, tako su u Hrvatskoj imale služiti širenju madžarske trgovine i vlasti, te prodoru Madžarske na more. Međutim, u Hrvatskoj su prilike bile mnogo lošije, jer su se tu sukobljavali madžarski planovi s austrijskim na štetu hrvatskog naroda, pa je madžarska vlada kočila i onako oskudne austrijske planove za gradnju pruga u našim krajevima.

U Hrvatskoj je najstarija ona pruga koja vodi iz Pragerskog, kroz Ormož, Čakovec i Kotoribu u Madžarsku, a koju su Južne željeznice otvorile 1860. Međutim, i to je posve rubna pruga, građena za madžarske potrebe. Stoga, prvom prugom treba smatrati onu koja je otvorena 1. X 1862, a vodi iz Zidanog Mosta, preko Zagreba u Sisak. U Zagreb je na *Južni kolodvor* (sada Zapadni kolodvor) stigao prvi vlak 1. X 1862. Kako je Sava plovna nizvodno od Siska, u to se vrijeme smatralo da pruga nije potrebna dalje od Siska prema Novskoj i Slavoniji. Tako je Zagreb dobio prvu vezu s Ljubljanom, Trstom i Bečom, a ne s Budimpeštom. Madžarska je na to 1865. sagradila prugu Zagreb—Karlovac. Pruga od Budimpešte prema moru otvorena je 1879. do Zagreba (do Karlovca je već bila otvorena), a 1873. do Rijeke. Iste godine dobila je Rijeka i vezu s Pivkom. Ranijem povezivanju Rijeke s austrijskom mrežom protivila se Madžarska.

Da ne bi zaostala za Austrijom, Madžarska je brzo izgradila prugu Budimpešta—Pecs—Osijek—Dalj—Vinkovci—Vrpolje—Slavonski Brod, koja je otvorena do Dalja 1870, do Slavonskog Broda 1878, a do Bosanskog Broda 1879. Ta je pruga imala povezati Budimpeštu sa žitorodnim krajevima i Posavinom, ali i otvoriti put u Bosnu, gdje su se već smjestili neki austrijski veletrgovci.

U Dalmaciji su 1877. dovršene pruge iz Splita i Šibenika u Perković i Siverić. Dugo se čekalo na početak gradnje pruge od Splita i Šibenika prema sjeveru, jer se navodno nisu mogli odobriti potrebni krediti. Na produženje pruge od Siverića do Knina čekalo se punih 11 godina.



1870

Pruge su dobili: Zagreb, Sisak, Karlovac, Kranj, Planica, Subotica, Sombor, Dalj, Osijek i Koprivnica



1880

Madžarska prodire u Rijeku, Austrija u Pulu, Turska u Kosovo. Početak pruga u Dalmaciji

Pruga je otvorena 1888. i tu je zapela, tako da je dalmatinska mreža ostala posve odvojena s ložionicom u Splitu i rudnicima ugljena u Siveriću. Prije Turci, a kasnije Madžari, nisu dopuštali da se dalmatinske željeznice povežu s Bosnom i Hrvatskom. Naposljetku je Austrija pod pritiskom ratne mornarice, prisilila Madžarsku da sagradi prugu prema Dalmaciji. Međutim, Madžari nisu izabrali najkraći put prema jugu dolinom Une, nego su posve sporo gradili *ličku prugu*, kao odvojak *riječke pruge*, iz Oštarija kroz Plaški do Vrhovina, gdje je pruga 1918. završila zajedno s Austro-Ugarskom monarhijom.

Metković je spojen sa zaleđem 1885, a Dubrovnik 1901, ali obje luke uskotračnom prugom. Treća uskotračna pruga iz Splita u Sinj dovršena je 1903, ali je u Sinju zauvijek zapela. Demontirana je kao nerentabilna 1964.

Bosna i Hercegovina potpadale su u doba prvog razvoja željeznica pod Tursku, koja je povjeravala gradnju pruga inozemnim kapitalističkim društvima. Tako je Turska vlada 1869. sklopila ugovor za gradnju 2500 km duge pruge s *Društvom turskih željeznica* koje je osnovao u Beču barun Hirsch (Hirš). Pruga je prema projektu imala polaziti iz Carigrada i prolaziti kroz Bugarsku, južni dio Srbije (s ogrankom u Solun) i Bosnu do Dobrljina, gdje je tada bila zapadna granica Turske. Odatle bi se kasnije izgradila pruga do Siska, radi priključka na austrijsku mrežu. Pruga se doista i počela graditi na četiri mjesta, ali se uskoro u Turskoj promijenila vlada pa su radovi zapeli. Nova vlada promijenila je plan i 1872. sklopila novi ugovor, koji je prugu skratio na 1230 km. Na teritoriju SFRJ bila je predviđena pruga: Bosanski Novi—Banja Luka (otvorena 1872.) i Gevgelija—Skopje—Kosovska Mitrovica. Dio Kosovska Mitrovica—Banja Luka odgođen je za kasnija vremena, pa nije više ni izgrađen. Poslije toga Turska nije u Bosni sagradila ni jednu prugu, a 1875. obustavljen je promet između Bosanskog Novog i Banje Luke.

Novo razdoblje u gradnji pruga počinje okupacijom Bosne i Hercegovine. Pruge je gradila austrijska okupacijska vojska, a kako je u to vrijeme u Austriji bilo na raspolaganju mnogo materijala za uskotračnu željeznicu od 760 mm za neku prugu u Poljskoj, upotrijebljen je raspoloživi materijal i tako je Bosna dobila tu širinu kolosijeka. Kao prva, 1878, osposobljena je pruga Banja Luka—Prijedor, a zatim 1879, i ona do Bosanskog Novog. Prugom je do propasti Austro-Ugarske upravljala »Carska i kraljevska vojna željeznica«, a 1918. preuzele su je Jugoslavenske državne željeznice. Madžarska je 1879. dovršila most i prugu normalnog kolosijeka između Slavonskog i Bosanskog Broda. Međutim, okupacijska vojska je užurbano gradila i 1882. dovršila privremenu vojnu uskotračnu prugu, s minimalnim polumjerima zavoja od samo 30 m, od Bosanskog Broda do Zenice. Nakon toga sagrađena je do Sarajeva dobra i stalna uskotračna pruga s polumjerom zavoja od 100 m i svečano otvorena 5. X 1882. Tu prugu predala je Vojna uprava 1895. Zemaljskoj vladi Bosne i Hercegovine, koja je odmah rekonstruirala privremeni dio pruge sjeverno od Zenice. Polumjere od 30 m povećala je na 60 m i pojačala mostove.



Prvi zagrebački kolodvor bio je sadašnji zapadni kolodvor, a prvi vlak stigao je iz Zidanog Mosta 1. X 1862. Kako je Sava nizvodno od Siska plovna, u to se vrijeme smatralo da pruga nije potrebna dalje od Siska prema Novskoj i Slavoniji. Prugu do Zagreba i Siska izgradila je austrijska država, ali ju je zbog gubitaka predala na iskorištavanje društvu Južnih željeznica. Jugoslavenske državne željeznice preuzele su sve pruge Južnih željeznica 1. IX 1923.



»Avala« jedna od prvih srpskih parnih lokomotiva iz 1883. Prva srpska lokomotiva dovezena je brodom niz Dunav i uz Savu

Austro-Ugarska je iz vojnih razloga htjela izgraditi i prugu po staroj turskoj trasi iz 1872. koja je povezivala Banju Luku s Kosovskom Mitrovicom, pa je sagradila prugu iz Sarajeva prema zapadu do Jajca (1895), a prema istoku do Uvca (1906) na granici prema Srbiji.

U Hercegovini se počela graditi prva pruga između Metkovića i Mostara, po uzoru na drugi dio sarajevske uskotračne pruge. Kako se na tom dijelu trasa penjala na prijevoj Ivan, morala se izgraditi, u dužini od 18,4 km, zupčasta željeznica s usponom od 60‰. (1894. sagrađena je i druga zupčasta željeznica u dužini od 6,26 km, s usponom od 45‰ između Lašve i Donjeg Vakufa.) Pruga Metković—Sarajevo dovršena je 1.VIII 1891. Kasnije je ta pruga produžena iz Gabele prema Humu do Trebinja i preko Uskoplja do Dubrovnika i Zelenike. Ti su ogranci otvoreni 1901.

Srbija je tada bila vazalna kneževina, i krivnjom Turske kasno je dobila prvu željezničku prugu. Njezina je vlada 1851. zamolila turskog velikog vezira u Carigradu da joj dopusti sagraditi željeznicu između Beograda i Niša. Vezir je molbu odbio. Međutim, Turska je već bila sklopila ugovor s jednim britanskim društvom za gradnju pruge Carigrad—Beograd, a u Srbiju su došli britanski inženjeri radi izmjere zemljišta i trasiranja pruge. Kako vlada nije htjela dopustiti da Turska gradi željeznice bez suglasnosti Srbije, inženjerima je naređeno da napuste zemlju. (Taj tursko-britanski ugovor nametnuo bi Srbiji vrlo teške novčane obaveze.) Srpska vlada se našla tada u vrlo teškom položaju. Turska joj nije dopuštala graditi pruge, a već se doznalo da se u Carigradu raspravlja s austrijskim društvom o planu za gradnju pruge od Banje Luke, preko Novog Pazara do Skopja, kako bi se obišla »nesigurna« Srbija. Srpska vlada se još nekoliko puta obraćala Turskoj, a 1855. obratila se i velesilama za posredovanje u Carigradu. God. 1865. obećala joj je pomoć Francuska i poslala jednog inženjera da prouči gradnju pruge Beograd—Aleksinac. On je proučio zemljište i predložio da se pruga iz Beograda sagradi kroz Ripanj, uz rijeku Ralju, kroz Malu Krsnu i dalje uz Moravu, uz trošak od 51 milijun zlatnih dinara. Kako Srbija nije mogla podnijeti tako visoke troškove prekinula je dalje pregovore. Srpski inženjeri pregledali su 1871. francuski plan i promijenili smjer pruge između Beograda i Velike Plane tako da pruga prođe preko Mladenovca, jer je trasa preko Male Krsne bila odviše skupa. Turska je 1874. napokon javila velikim silama da dopušta Srbiji gradnju željezničke pruge od Beograda do Niša.

Konačna odluka o gradnji prve željeznice nije donesena u Beogradu nego na Berlinskom kongresu 1878. Srbija je morala preuzeti obavezu da će sagraditi željeznicu od desne savske obale, preko Beograda, do Niša sa spojevima do bugarske i turske granice. Na kongresu je to zaključeno uglavnom zato, jer je Njemačka htjela, prije Rusije, dobiti najkraći put za prodor na Balkan i Istok. Još prije zaključka kongresa sklopljena je konvencija između Srbije i Austro-Ugarske, kojom se Srbija obvezala da će prugu dovršiti u roku od tri godine. Kako se oklijevalo s početkom radova, sklopljena je nova konvencija, prema kojoj je gradnja imala početi 1880, a prugu je trebalo dovršiti do 15. III 1883.

Srbija nije imala novca ni stručnjaka za tako goleme radove, stoga je 1881. ustupila gradnju jednom francuskom društvu. Ono je započelo radove u ljetu 1881, ali je već u početku 1882. propalo. Sklopljen je odmah ugovor s drugim francuskim društvom, koje je 23. VIII 1884. dovršilo prugu do Niša, a 1888. do granice s Turskom i Bugarskom. Tu prugu iskorištavalo je francusko društvo do 2. VI 1889, kad ju je preuzela srpska država.

Gradnja pruge od željezničke stanice u Beogradu do sredine savskog mosta nije ušla u srpsko-francuski ugovor, zbog toga je srpska vlada sama gradila taj dio pruge. Temeljni kamen

svečano je položen na mjestu gdje je sada postaja Senjak, sagrađena je uskotračna pruga za prijevoz zemlje kojom se zatrpavala bara Venecija, gdje je kasnije sagrađena nova željeznička stanica, a Dunavom i Savom dovezena je prva lokomotiva. Austrija je sagradila željeznički most, a troškove je podijelila na pola sa srpskom vladom. Četiri dana prije svečanog otvorenja pruge Beograd—Niš, tj. 19. VIII 1884. iz Beograda je krenuo prvi vlak i prešao preko savskog mosta u Zemun.

Pošto je dovršena pruga za prodor na Balkan i Istok velike se evropske sile nisu više brinule za gradnju drugih pruga u Srbiji. Sagrađena su još samo dva kratka ogranka: Velika Plana—Smederevo 1886, i Lapovo—Kragujevac 1887. Nakon toga gradile su se uskotračne pruge od 760 mm, kako bi se u budućnosti mogle spojiti s bosanskom mrežom. Prva nova pruga normalnog kolosijeka sagrađena je tek 1914. između Prahova na Dunavu i Zaječara.



Gore: stanje mreže 1970. pošto su dokinute neke pruge koje su se pokazale nerentabilnim

Lijevo: dovršena je pruga koju su pospješivale velesile za prodor na Balkan. Iz Zagreba se moglo doći u Beograd samo preko Subotice. Pruga iz Sarajeva k jugu nije prebrdila Ivan planinu



Lijepa, i za ono vrijeme velika glavna željeznička stanica u Beogradu, odakle je prvi vlak krenuo 1884. bila je izgrađena daleko izvan grada, usred bare Venecije, koja se zasipavala. Do stanice je vodio širok nasip ograđen drvenim kolcima i osvijetljen petrolejskim fenjerima na šarenim stupovima

Crna Gora je dobila prvu željezničku prugu 1909. Sagradilo ju je jedno talijansko društvo za svoje trgovačke potrebe. Vodila je iz Bara preko Sutormana u Virpazar na Skadarskom jezeru. Bila je to uskotračna pruga od 750 mm (jedina u Jugoslaviji s tim razmakom tračnica). God 1927. nepovezan je Titograd sa Skadarskim jezerom uskotračnom prugom od 600 mm. Tek 1938. povezan je Nikšić s bosanskom željeznicom, a ta je pruga produžena do Titograda 1948. Tako je Crna Gora imala tri vrsti uskotračnih pruga.

Makedonija je u doba gradnje prve željeznice potpadala pod Tursku, koja je 1869. sklopila ugovor s austrijskim društvom u Beču za gradnju pruge u Bugarskoj, Rumunjskoj i na našem teritoriju, od Carigrada do Niša i od Soluna preko Skopja do Banja Luke preko Kosovske Mitrovice. Radovi su između Soluna i Kosovske Mitrovice započeli na više mjesta, ali su 1872. prekinuti jer se u Turskoj promijenila vlada. Zbog toga je s austrijskim društvom sklopljen novi ugovor, koji je obuhvatio gradnju pruge samo do Kosovske Mitrovice. Pruga je otvorena do Skopja 1873, a do Kosovske Mitrovice 1874. Nakon toga 1888. povezan je Niš sa Skopjem.

Gradnja željezničkih pruga. Na pruzi se razlikuju gornji i donji ustroj. *Gornji ustroj* sačinjavaju tračnice s pragovima i podloga od nasutog tučenca, a *donji ustroj* je sve ono što je ispod podloge, dakle: nasipi, zidovi, potpornji, mostovi, vijadukti i dr.

Kada se želi sagraditi neka željeznička pruga, najprije se povlači po geografskoj karti opća linija kojom će voditi buduća pruga između polazne i dolazne točke. Nakon toga se izrađuju planovi u velikom mjerilu, i pruga se trasira na zemljištu. Tek pošto su gotova sva mjerenja na terenu i izrađeni svi nacrti, počinje se graditi donji ustroj pruge. Neravnine tla izravnavaju se u ulekninama *nasipima* i *vijaduktima*, na rtovima *odsjecima*, a na uzvisinama *usjecima*. Kroz neprebrdive uzvisine prokopavaju se *tuneli*, a preko rijeka grade se *mostovi*.

Prugu treba zaštititi od vjetra, snijega, bujica i lavina. *Usjeci* gdje se nagomilavaju snježni zapusi pokrivaju se betonskim krovovima i pretvaraju se u tunele (Malovan u Lici). Da vjetar ne bi prevrnuo vagone, grade se duž pruge *vjetrobrani* (Plase iznad Rijeke). Od bujica i lavina pruge se štite jakim zidovima, *propustima* i mostovima.

Da bi se polja i šume zaštitile od požara, ostavlja se s jedne i s druge strane pruge zeleni *zaštitni pojas* od stabala. Njihove krošnje zaustavljaju iskre. Iza tog pojasa je jarak, a tek iza jarka su šume i polja. Raslinje dobro štiti prugu i od snijega.



Na mjestima, gdje se iz iskustva zna da se u zimi pri žestoku vjetru pojavljuju visoki snježni zapusi, ili gdje žestok vjetar prijeti da prevrne vagone, grade se vjetrobrani od kamena ili drveta

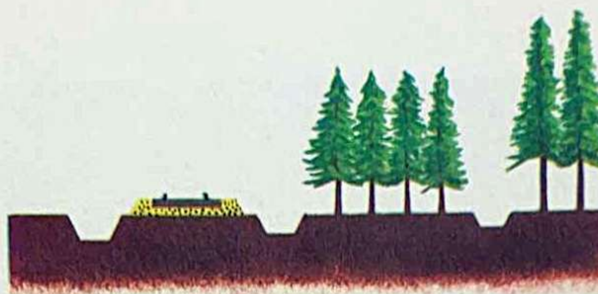
Pošto se dovrši donji ustroj, na nj se postavlja sloj šljunka, pijeska ili šljake da se nasip zaštiti od vlage i smrzavanja. Zaštita je donjeg ustroja od vlage veoma važna. Ako donji ustroj, od obične zemlje ili ilovače, nije zaštićen, javljaju se na mjestima kod tračničkih spojeva, gdje se od udaranja kotača pragovi spuštaju i dižu, kao neko pumpanje vlažne ilovače, koja ubrzo izbije na površinu između pragova i zadržava vodu. Još je gore, ako je čitav donji ustroj slabo izrađen. Zemlja se od vlage pretvara u gnjecav materijal, pa tučenac s pragovima propada u nj. Tada se desno i lijevo od pruge stvaraju uzdužna zemljana rebra koja prekidaju slobodno otjecanje vode s nasipa. To je razlog zašto se na nekim novim glavnim prugama ispod tučenca polaže sloj betona, a ponegdje se prostiru velika platna od plastične nepropusne mase.

Površina donjeg ustroja mora biti nagnuta prema vanjskim stranama tako da voda, koja prodre kroz tučenac do nasipa, može lakše otjecati. Donji ustroj nije elastičan, on se odupire tlaku i nosi težinu pruge i vlakova. Za dvostruki kolosijek donji ustroj nije širi od 10 m, stoga je uvijek jeftiniji po kilometru nego donji ustroj moderne autostrade sa dvije trake.

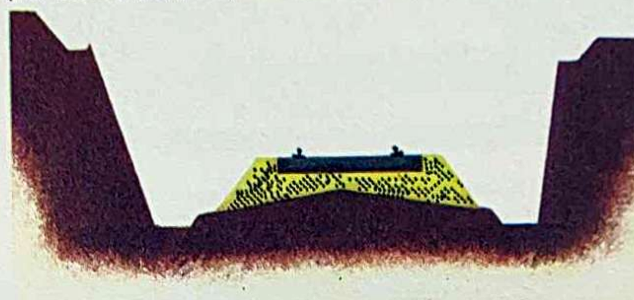
Na izolirani donji ustroj polaže se gornji ustroj i to najprije posteljica od tučenca, koja je visoka 25—30 cm. Obično je posteljica sastavljena od dva sloja tučenca. Donji je sloj debeo 15 cm i sadržava slabiju vrstu starijeg tučenca, a gornji sloj je debeo oko 10—15 cm i od svježeg je tučenca. U nj se polažu pragovi. Tučenac je rastresit pa propušta vodu, brzo se suši i čuva drvene pragove da ne trunu. Posteljica od tučenca je elastična i ona rasprostire težinu pragova s tračnicama i vlakovima na veću površinu donjeg ustroja. Posteljica, dakle, ne dopušta da pragovi propadnu u donji ustroj pruge.

Na donjem ustroju sa svake strane izrađuje se po jedna staza po kojoj čuvari i nadzornici pruge mogu voziti biciklom ili mopedom.

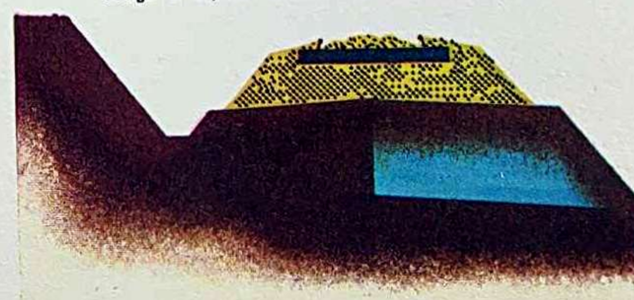
Željezničku prugu treba dobro održavati. Pored čuvara i nadzornika, koji je neprekidno kontroliraju, povremeno se obavljaju i strože kontrole osobitim instrumentima, koji mogu biti i u specijalnim vagonima za ispitivanje pruge.



Zaštita pruge od vjetra i okolice od požara: uz prugu prvi jarci, prvi zeleni pojas, protupožarni jarak, drugi zeleni pojas



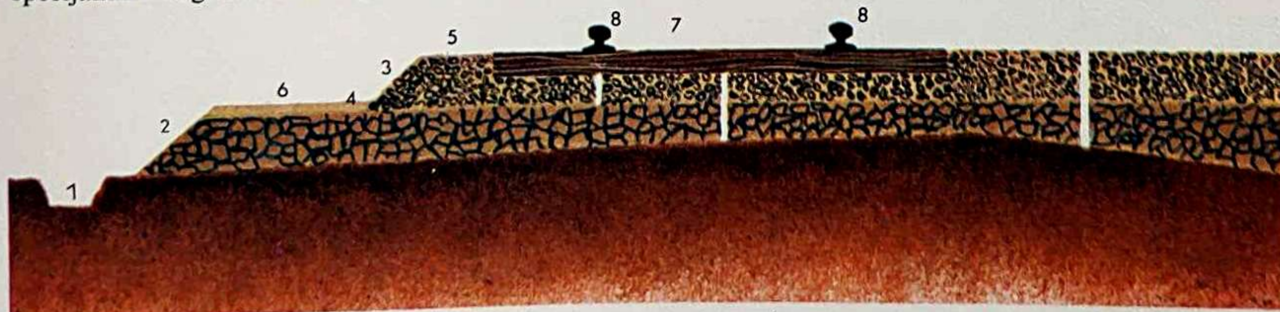
Pruga u usjeku mora imati odvodne rovove



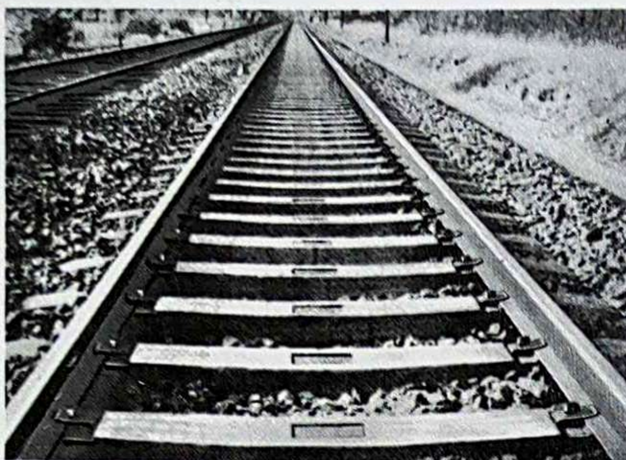
Željeznička pruga na nasipu i nagnutom tlu

Održavanje pruge obuhvaća uravnavanje i izravnavanje, ispravljanje nadvišenja i zavoja, obnovu posteljice, stezanje vijaka, odstranjivanje trave, ispitivanje tračnica i popravak kvarova. Najskuplji je rad izmjena čitavog kolosijeka.

Pruga se uravnava podizanjem tračnica i podbijanjem tučenca pod pragove, a vodoravnost se kontrolira malim ručnim instrumentom s libelom. Tučenac se podbija ručno tupim trnokopima, *podbijačima*, ručnim vibratorima ili velikim strojem koji je ugrađen na osobitom šinskom vozilu. Podbijanjem tučenca pod pragove ispravlja se i nagib, tzv. *nadvišenje* pruge na zavojima.



Presjek polovice željezničke pruge dvostrukog kolosijeka: 1. jarak, 2. donji ustroj, 3. gornji ustroj, 4. donji sloj tučenca, 5. gornji sloj tučenca, 6. staza (banketa), 7. drveni prag, 8. tračnice kolosijeka





Lijevo: željeznička pruga s pragovima od prednapregnutog betona; desno: pruga s betonsko-čeličnim pragovima

Pruga se izravnava, ako je vijugava, pomicanjem čitavog kolosijeka udesno ili ulijevo dugim čeličnim polugama. Polugama se dotjeruje i oblik zavoja.

Trava, korov i drugo raslinje na pruzi nekad su se odstranjivali motikama ili su se čupali rukama. Danas se raslinje uništava kemikalijama. Kolosijek se polijeva klorno-hormonskom tekućinom, koja truje bilje, a pušta se kroz polijevaljku iz vagona cisterne, koji se polagano kreće po pruzi, tako da se na jedan četvorni metar polije oko petnaest grama otrova. Na žalost sve su kemikalije za uništavanje bilja dosta skupe.

Posteljica od tučenca nekad se obnavljala ručnim vilama, ali i to se danas čini strojevima. Osobito vozilo nosi mehaničke grabilice koje grabe stari tučenac, dižu ga na pomičnu traku, koja ga prenosi na valjkasto sito, gdje se kamen sortira i čisti od zemlje i blata. Krupan kamen se odvaja, sitan se odbacuje, a ponovno se prostire i uravnava po pruzi pročišćen tučenac određene krupnoće.

Tračnice se popravljaju ručnim električnim ili aluminotermičkim aparatom za zavarivanje, kojim se mogu zavariti pukotine ili navariti istrošeni bridovi.



Željeznička pruga s drvenim pragovima





Lijevo: presjek drvenog praga za prugu normalnog kolosijeka
Desno: presjek čeličnog praga za prugu normalnog kolosijeka

Kad se zbog trošnosti mora izmijeniti dio kolosijeka to se radi vagonom koji sliči portalnoj dizalici. On podiže stare tračnice zajedno s pragovima te na isto mjesto postavlja novi kolosijek već pričvršćen o pragove. Novi dio treba samo spojiti s već položenim dijelom kolosijeka.

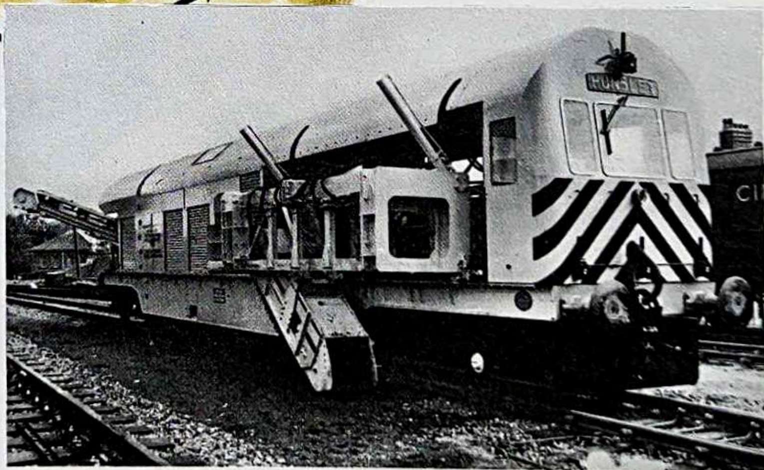
Pragovi su važan dio željezničke pruge. Oni prenose teret tračnica i vlakova na posteljicu od tučenca, drže određen razmak kolosijeka održavaju nagib tračnica pod kutom od 1 : 20 prema unutrašnjosti kolosijeka. Pragovi se moraju odupirati okomitim i vodoravnim (uzdužnim i poprečnim) tlakovima kotača, savijanju u sredini između tračnica i udarcima o posteljicu, ako je između praga i tučenca nastala praznina. Gustoća pragova ovisi o vrsti pruge. Za neograničene brzine i pritiske od 20 t po osovini, moderna pruga ima 1600 do 1750 pragova po dužinskom kilometru pruge.

Najčešći su *drveni pragovi* jer su elastični, savitljivi i dobro odolijevaju izmjeničnim naprezanjima. Zbog toga su u svijetu od svih pragova oko 90% drveni. Oni su dugi 260 cm, široki 25 cm i debeli 15 cm. Izrađuju se od tvrdog drva; u Evropi najviše od hrastovine, ali i od bukovine. Najveći je nedostatak drvenih pragova što gnjile. Da se smanji truljenje pragovi se *impregniraju*. To se radi na više načina. Jedan je od njih da se novi pragovi dobro osuše, smjeste se u nepropusno zatvoreni bubanj iz kojega se isisa zrak. U zrako-

praznom prostoru iz praga izlaze mineralne soli i vlaga. Nakon toga se pod tlakom od 9 kg na cm^3 u drvo tlači kreozot. U jedan hrastov prag utisne se oko 7 kg, a u bukov prag oko 15 kg kreozota. Stari su drveni pragovi obično rascijepljeni od sunca i kiše. Da se spriječi dalje cijepanje, krajevi se ovijaju čeličnim trakama.

Metalni pragovi izrađuju se u valjaonicama valjanjem i prešanjem. Tako se dobije određeni oblik praga s lopatama na oba kraja i rupama za pričvršćenje tračnica. Iako je trajnost metalnih pragova veća (oko 40 godina) nego drvenih, ipak ih se malo upotrebljava zbog mnogih nedostataka: pri brzoj vožnji stvaraju veliku buku; vrlo je skupo električno izoliranje pruge, a to se sve više radi pri modernoj elektronskoj signalizaciji; zbog žljebasta oblika teško ih je uravnavati podbijanjem tučenca; zbog toga što su relativno laki (60—70 kg) ne stabiliziraju moderne vrlo duge tračnice iako ih se lopatom na oba kraja pokušava povezati s posteljicom.

Betonski pragovi su se u početku izrađivali jednakog oblika kao drveni. Nedostatak je bio da nisu bili elastični, a beton se mrvio pod udarcima tračnica. Kasnije su se izrađivali betonsko-čelični pragovi, koji su bili bolji jer su u sredini bili elastičniji. Najbolji su pragovi od prednapregnutog betona jer su vrlo elastični. (U sredini su stanjeni.) Oni su i dovoljno teški za stabilizaciju vrlo dugih tračnica, a lakše ih je i električki izolirati nego metalne pragove. Takvi su pragovi armirani vrlo elastičnim (160 kg na mm^2) čeličnim šipkama od 5 do 7 mm^2 u presjeku.



Gore: dizel-električni samokretni stroj za čišćenje tučenca na željezničkoj pruzi. S obje strane uređaj za kopanje i podizanje tučenca, koji se pročišćava i beskrajnim platnom prebacuje iza stroja, gdje se opet raspodjeljuje duž pruge, ili se prebacuje transportnim mostićem u teretne vagone iza sebe. Stroj može uzimati i novi tučenac iz vagona i polagati ga na prugu. Stroj je težak oko 65 t

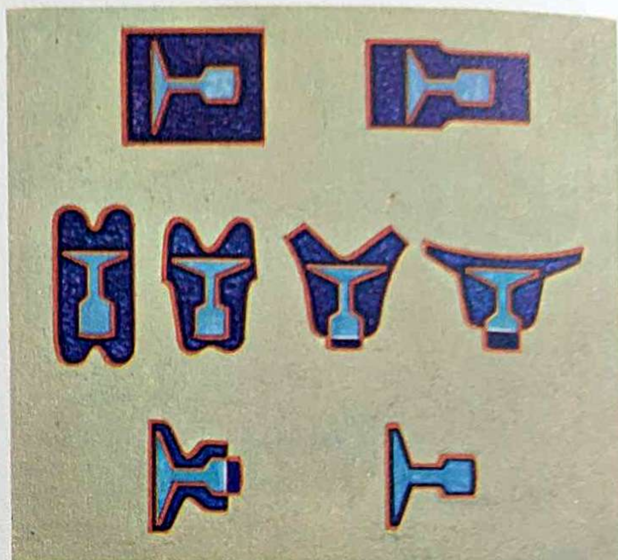
Lijevo: niz serpentina i tunela, kojima željeznička pruga uskog kolosijeka Sarajevo—Titovo Užice prebrđuje sedlo između dolina Rzava i Đetinje, kod željezničke postaje Šargan—Vitasi

Tračnice. U staro doba iskusni graditelji cesta popločavali su i prije Rimljana po cijeloj širini samo ulice u gradovima i najvažnije ceste. Na cestama od manje važnosti polagali su dva niza kamenih ploča, koji su bili razmaknuti prema širini kola. Na nekim uskim i opasnim mjestima gradili su Maltežani i Iliri putove sa dva žlijeba, pa su se kotači kretali u žljebovima.



Lijevo: najstarija slika tračnica. Drvorez u knjizi »Cosmographia Universalis« od Sebastiana Munstera, objavljena u Baselu 1550.

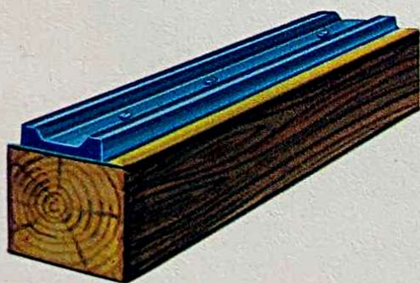
Desno: postepena obrada željezničkih tračnica: valjanje, stanjivanje i dovršavanje



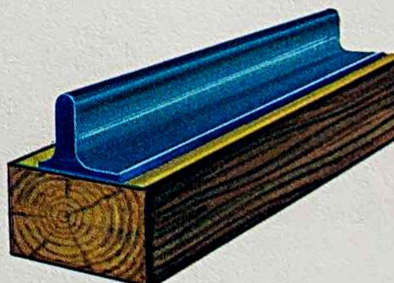
U XVI st. namještale su se u vlažnim i zamuljenim rudnicima, a kasnije i na cestama, drvene gredice po kojima su se kretali kotači. Konji su otad mogli vući četiri puta više tereta. Međutim, drvo se brzo trošilo, pa su ga na zavojima uskoro pokrivali željeznim pločama. Da se gredice ne bi pomicale, kasnije su polagali ispod njih drvene pragove, a da bi se kola lakše održala na kolosijeku, na gredice su namještali uzdužne letve, obložene limom.

Kad je 1767. zbog trgovačke krize nastao u Engleskoj zastoj u prodaji ljevenog željeza, vlasnik željezare *Reynold* (Rejnold) proizvodio je željezne tračnice, samo da ne ugasi talioničke peći. Tračnice je polagao privremeno na drvene kolosijeke po cestama kako bi ih kasnije, kad oživi prodaja, opet skinuo i iskoristio u talionici.

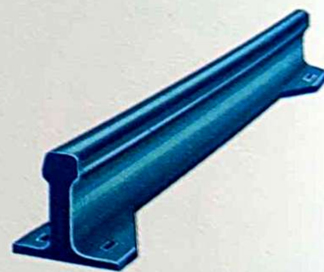
U razvitku željeznica važan je izum inženjera *Jessopa* (Džesopa). On je 1789. prenio vertikalan rub na kotače, a tračnicama je dao u presjeku oblik gljive. Bila je to značajna preinaka jer su se željeznička vozila s kotačima koji nose s unutrašnje strane granične *vijence* razdvojila od cestovnih vozila s glatkim kotačima. Otad su se kolosijeci polagali na kamenim kockama iznad ceste, dakle, iznad zemlje i blata.



Prva Reynoldova tračnica od ljevenog željeza na uzdužnim gredama iz 1780.



Currova kutna tračnica od ljevenog željeza na uzdužnim gredama iz 1780.



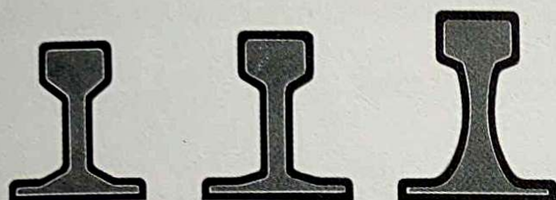
Jessopova tračnica s pandžama, kojoj je presjek imao oblik gljive, iz 1789.

Međutim, tračnice su toliko ubrzale i olakšale promet da su ostale u upotrebi i poslije krize, a polagali su ih i na drugim cestama. Uskoro se pokazao i njihov nedostatak: bile su plitke, pa su kola iz njih često isklizivala. Da bi to spriječio *Benjamin Curr* (Bendžamin Kar) počeo je raditi tračnice od ljevena željeza s vertikalnim rubom na vanjskoj strani, pa su se kola otad kretala po unutrašnjim plohama kao u nekom žlijebu koji je bio širok 5 stopa (1524 mm). Ali i ove su tračnice imale nedostatak jer su se kolosijeci između njih punili blatom i kamenjem.

Kako su se tračnice od ljevena željeza često lomile pod težinom kotača, Jessop je izradio u sredini deblje a pri krajevima tanje tračnice s ispupčenjem nadolje poput ribljeg trbuha. Inženjer *Berckinshaw* (Berkinšou) iz željezare u Bedlingstonu počeo je 1820. izrađivati tračnice od valjana željeza, duge 4,6 m, najprije s ribljim trbuhom, a kasnije posve ravne. Kasnije se postepeno proširivala donja glava tračnice sve dok nije stvoren presjek *dvoglave gljive*. Takve su se tračnice od tada upotrebljavale u Velikoj Britaniji, a prihvatile su ih i neke druge države (kod nas u

Bohinjskom i Karavanskom tunelu) jer se vjerovalo da će se one moći okrenuti kad se istroši gornja glava. Pošto je iskustvo pokazalo da i samo na jednoj glavi istrošena tračnica nije više pouzdana, dvoglave su tračnice gotovo posve napuštene.

Moderne tračnice s donjom proširenom nožicom uveo je 1830. *Stewens* (Stjuins) u Americi, a u Evropi ih je 1835. prenio engleski inženjer *Vignole* (Vinjol). Po njemu se i zovu *vinjolove*



Presjek tračnica od 46, 50 i 60 kg po duljinskom metru

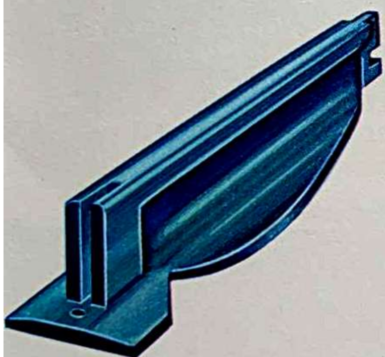
tračnice. Široka nožica bila je pogodna da se Vignolova tračnica dobro učvrsti za pragove. Takva tračnica ima *glavu* po kojoj se kotrljaju kotači željezničkih vozila, *nožicu* kojom se tračnica učvršćuje za pragove i *trup* što spaja nožicu s glavom.

Da se kolosijek ne bi pomicao u uzdužnom smjeru, tračnice se ponegdje ukotvljuju posebnim napravama koje se oslanjaju o pragove.

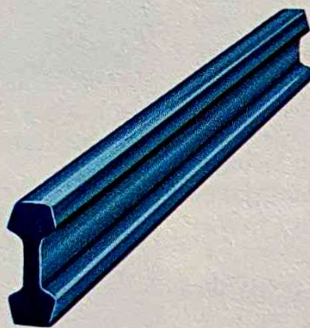
Tračnice nisu uspravne, tj. okomite na pragove, nego su nagnute prema sredini kolosijeka pod nagibom od 1 : 20, kako bi bolje odoljele tlaku željezničkih kotača prema vanjskoj strani.

Pri kretanju vlakova na zavojima željezničke pruge javlja se centrifugalna sila, koja djeluje na lokomotivu i na sve vagone, a preko njihovih kotača i na kolosijek. Kad bi vlak jurio velikom brzinom po zavoju s malim polumjerom zakrivljenosti prijetila bi opasnost da se prevrne na vanjsku stranu, odnosno ako se ne bi prevrnuo, on bi se jako nagnuo. Taj nagib, i centrifugalna sila koja djeluje i na putnike i sve predmete što se nalaze u vlaku, snažno bi ih potisnuli prema vanjskoj strani vagona. Na zmijolikoj pruzi sve bi se kotrljalo čas lijevo čas desno, a i vlak bi se nagibao uvijek prema vanjskoj strani. Da se to izbjegne, tj. da se vlak ne prevrne, a da se putnicima pruži što veća udobnost, pruga se na zavojima gradi nagnuta prema unutrašnjoj strani.

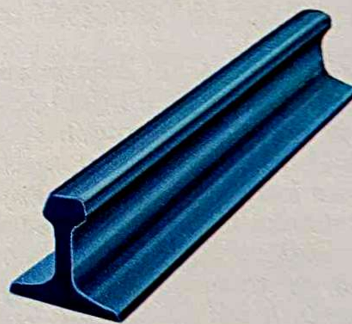
Na zavojima je vanjska tračnica uvijek viša od unutrašnje, a tu razliku u visini željezničari zovu *nadvišenje*. Ono mora biti to veće što je zavoj oštriji, ali se pri gradnji mora imati na umu i



Berckingshawova tračnica iz 1820. od valjanog željeza u obliku ribljeg trbuha



Engleska se dvoglava tračnica iz 1824. mogla preokrenuti pošto se istrošila



Stewensonova (Vignoleova) tračnica sa širokom nožicom iz 1830. U Evropi od 1835.

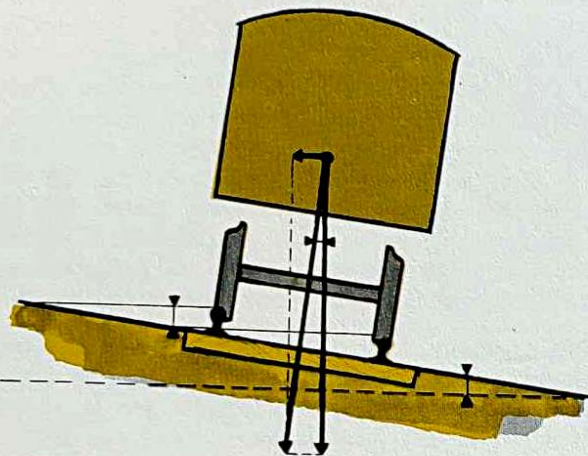
Tračnice se ocjenjuju težinom jednog metra tračnice u kilogramima. Prve tračnice u prošlom stoljeću težile su 25—30 kg po metru, ali su ubrzo pojačane i težile su 40—50 kg po m. Međunarodna željeznička unija preporučila je dvije vrste: lakše tračnice od 54 kg i teže od 60 kg po m. U SAD upotrebljavaju se na važnim prugama i tračnice od 77 kg po m.

Na opasnim mjestima: mostovima, oštrim zavojima i uskim galerijama postavljaju se s unutrašnje strane *protutračnice* koje povećavaju sigurnost da kotači ne iskliznu s kolosijeka.

brzina vlaka. Što vlakovi nekim zavojem voze brže, to i nadvišenje mora biti veće. Nadvišenje se izračunava za najveću brzinu vlakova, koji prolaze tim dijelom pruge. Ali kako bi ono za sporije vlakove bilo preveliko, uzima se neko srednje nadvišenje, koje iznosi oko 70% od najvećeg. Međutim, kako neke željezničke uprave ne dopuštaju nadvišenje veće od 180 mm, mora se za ekspresne vlakove koji jure brzinom od 160 km na sat graditi pruga sa zavojima kojima je promjer veći od 1000 m. Vlakovima koji jure tom brzinom i na takvom zavoju nadvišenje je još uvijek pre-

maleno za 150 mm, ali tolika se razlika redovito dopušta. (Motornim vlakovima sa znatno nižim težištem dopušta se razlika od 250 mm.)

Sigurnost vlaka i udobnost putnika znatno zavise o ispravnosti zavoja. Kako se i pruga zbog centrifugalne sile premješta poremećuje se zakrivljenost i oblik zavoja. Zbog toga se uz prugu na tim mjestima zabijaju stupići, kao neki biljezi zakrivljenosti prema kojima se kontrolira položaj svakog dijela kolosijeka. Na nekim mjestima, osobito na odvojcima kod skretnica, svi se pragovi još podupiru uporama koje se odupiru o duboko zabijene stupove.

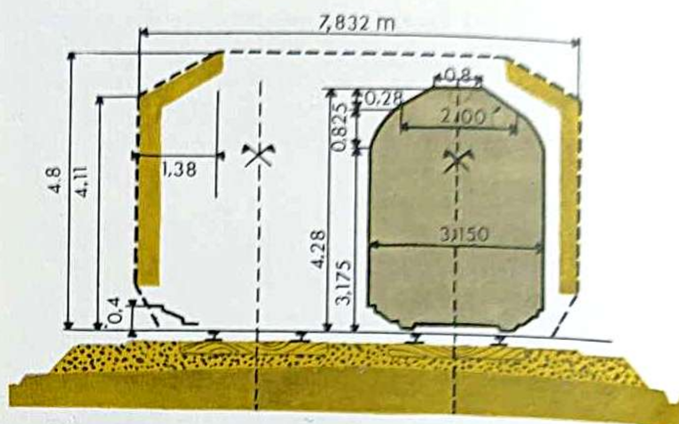


Kako bi se spriječilo da se vlak ne naginje od centrifugalne sile na vanjsku stranu zavoja, vanjska tračnica mora biti viša, a nadvišenje je to veće, što je zavoj oštriji i vlak brži

Granični profil. Željezničke pruge i kolosijeci grade se tako da u blizini nema nikakve zapreke koja bi mogla prepriječiti prolazak vlakova. Međutim, i vlakovi moraju imati ograničenu širinu i visinu kako bi mogli proći kroz sve tunele, usjeke, mostovske stupove i sl., unatoč nagibanju i ljuljanju vagona. Zbog toga je međunarodnim propisima strogo određen *granični profil*, koji predviđa najveću širinu od 3,15 m i najveću visinu od 4,28 m za vozila, te određenu udaljenost i visinu za sve prepreke pokraj pruge.

Skretnice su raskršća željezničkih putova. Ona se veoma razlikuju od cestovnih raskrižja, jer na željezničkim prugama ne odlučuju o izboru puta motorovođe, nego ljudi koji su daleko od vlaka i za to snose punu odgovornost. Zanimljivo je da su skretnice najstariji izum na željeznici i da su postojale i u doba životinjske vuče. Englezi *John Curr* i *Jessop* sagradili su 1793. prve željezničke pruge s običnim i ukrsnim skretnicama, a bitni se skretnički dijelovi nisu mnogo izmijenili do sada.

U Americi nije do početka XX stoljeća bilo pravih skretnica, nego su se upotrebljavale osobite postavnice, kojima se dio glavne pruge premještao na jednu ili na drugu stranu, nasuprot kolosijecima koji su vodili ravno, u desni ili u lijevi odvojak. Jednom jedinom postavnicom mogli su se vlakovi usmjerivati na tri kolosijeka

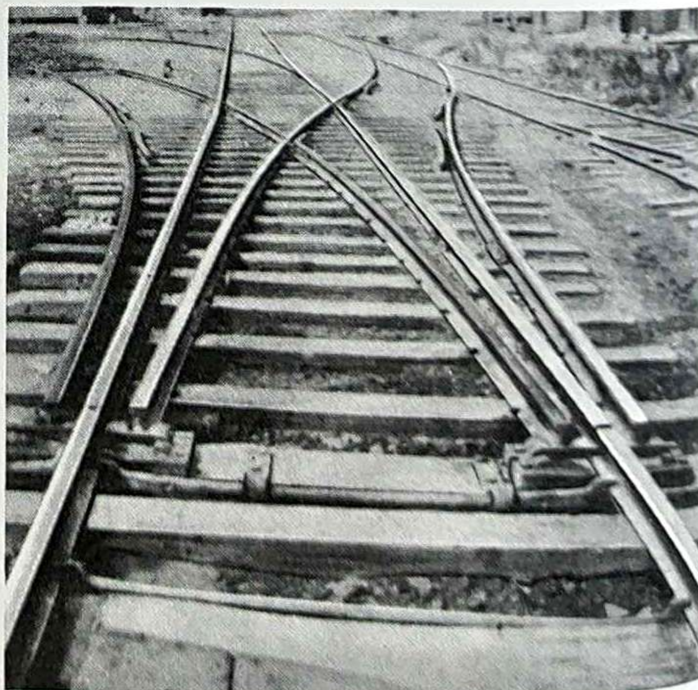


Međunarodnim propisima određena je najveća visina i širina vlaka, a propisan je i slobodan prostor iznad i sa strane vagona

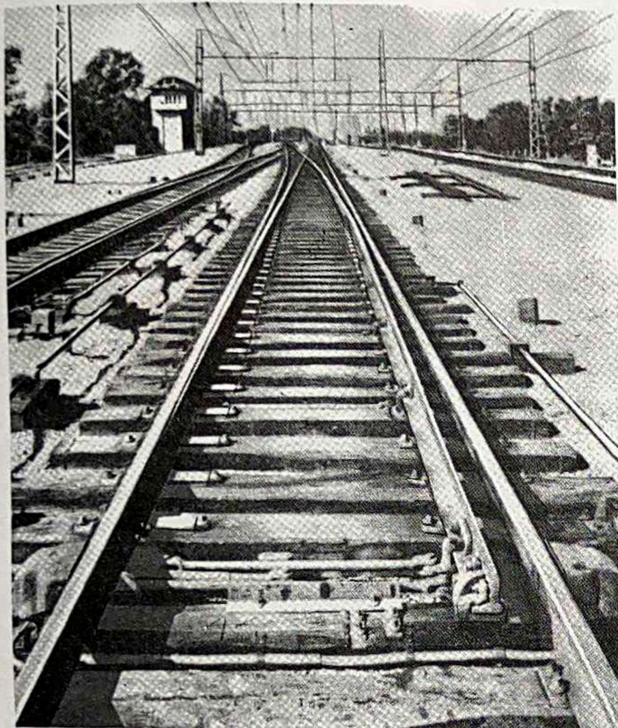
Nekad su vlakovi bili izloženi najvećim opasnostima baš pri prelasku preko skretnica. Sada se mogu vlakovi od 900 t prevesti skretnicom u odvojak i brzinom do 140 km na sat, bez opasnosti i neudobnosti za putnike. Kroz ukrsne skretnice propuštaju se vlakovi ravno ponegdje i rekordnom brzinom od 320 km na sat bez teškoća.

Šetač, koji s mostića za pješake promatra kolosijeke na ulazu u neki kolodvor, zamjećuje složen splet srebrnih pruga koje se međusobno prepliću. Razvoj svih kolosijeka na kolodvoru lakše se shvaća ako se poznaju tri vrste uređaja: jednostruke, dvostruke i ukrsne skretnice.

Skretnicom može željezničko vozilo prijeći s jednog kolosijeka na drugi bez prekida vožnje. Na svakoj skretnici razlikuju se prevodnički uređaj, međutračnice i križište.

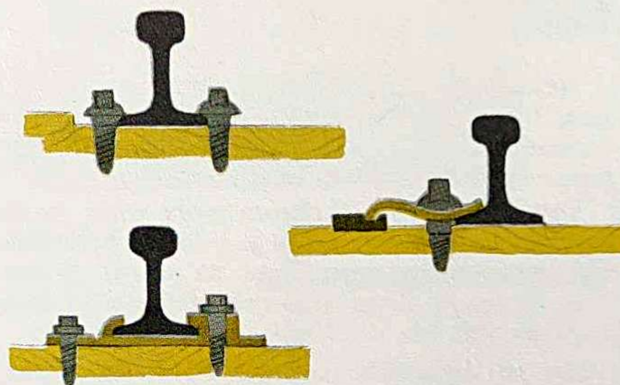


Prevodnički uređaj ima dvije nepokretne tračnice i dva pokretljiva jezička. *Jezičci* su međusobno povezani spojnom motkom, a posebnom postavnom motkom povezani su s postavnim uređajem (kojim se skretnica postavlja na jednu ili na drugu stranu) i sa skretničkim signalom (koji motorovođi pokazuje na koju je stranu postavljena skretnica).



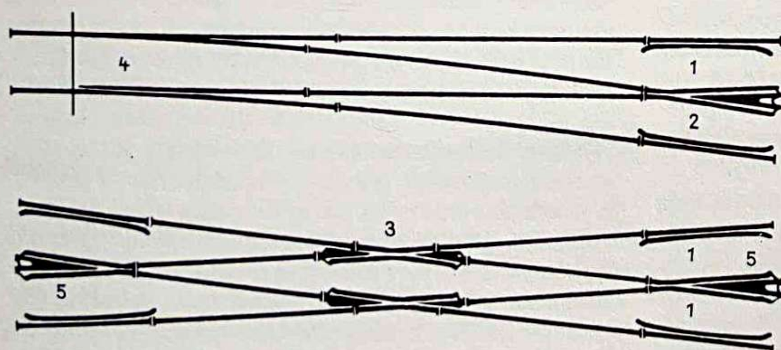
Kad vlak ide ravno dopuštene su preko skretnica na dobrim prugama i najveće brzine, ali kad vlak skreće u odvojak brzine se smanjuju razmjerno veličini ukrasnog kuta. Razumljivo je da granične brzine za pojedine kutove zavise i o promjeru zakrivljenosti pruge na odvojku.

Međutračnice spajaju prevodnički uređaj s križištem. *Križište* je sastavljeno od srca i različitih tračnica. U *srcu* se sijeku tračnica jednog kolosijeka s jednom tračnicom drugog kolosijeka. Obje ukrštene tračnice prekinute su u srcu kako bi kroza nj mogli prolaziti vijenci kotača. Nasuprot srcu nalaze se *tračnice vodilice*, koje sprečavaju da vijenci kotača pri prolasku kroz srce, ne bi skrenuli s kolosijeka na koji su usmjereni.



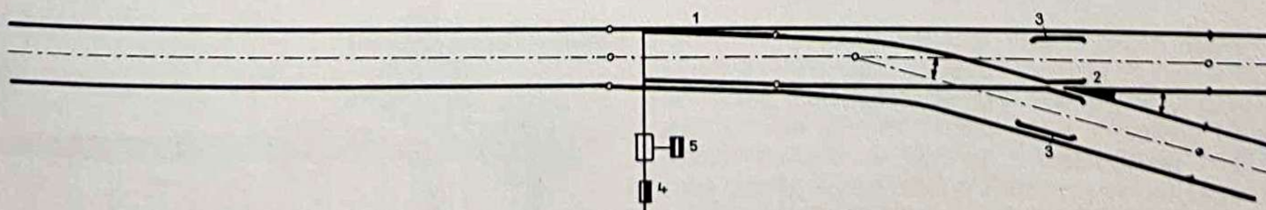
Gore: različni načini pričvršćivanja tračnica na pragove: neposredno glavama vijaka, podnožnom pločicom i elastičnom pločicom

Lijevo: skretnica s jezičkom. Ovako postavljenom skretnicom (lijevi jezičac priljubljen, a desni odvojen) vlak se usmjeruje ravno naprijed. Da je obratno, desni jezičac priljubljen, a lijevi odvojen vlak bi skrenuo u lijevi odvojak. Oba se jezička prebacuju zajedno

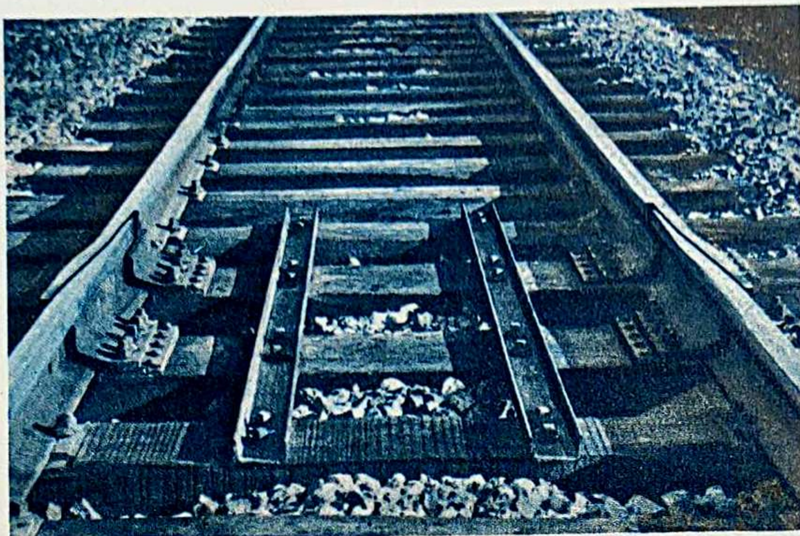


Jednostruka jednostavna desna skretnica: 1. os glavnog kolosijeka, 2. os odvojnog kolosijeka, 4. prevodnica (jezičci). Ovako postavljenom skretnicom vlak vozi ravno glavnim kolosijekom

Dvostruka křižna (engleska) skretnica: 1. protutračnice, 3. dvostruka srca s protutračnicama, 5. jednostruka srca



Jednostruka jednostavna desna skretnica. Glavni kolosijek vodi ravno, a odvojni kolosijek desno: 1. prevodnički uređaj (dva jezička, postavna i spojna motka jezičaka i postavljalo skretnice), 2. skretničko srce, 3. protutračnice (sprečavaju kotače da ne oštete srce i vode ih na određeni kolosijek), 4. sigurnosni uteg (drži postavljalo skretnice da se samo ne prebaci od udaraca kotača), 5. postavljalo skretnice sa skretničkim signalom. Skretnica je postavljena u desni odvojak



Klizni spoj veoma dugih zavarenih tračnica. Tračnice se u valjaonicama izrađuju u duljinama od 15 do 18 m. U nekim valjaonicama one se električnim zavarivanjem spajaju u trake duge i do 300 m. Poslije polaganja one se na pruzi zavaruju u trake duge i više kilometara. Stezanje i rastezanje tako dugih tračnica pri promjenama temperature sprečava se teškim pragovima i debljom posteljicom od tučenca. U Francuskoj se dopušta stezanje i rastezanje, stoga se na krajevima izrađuju klizni spojevi. Na slici takav spoj

Najosjetljiviji su dijelovi na skretnici jezičci i srce, koje se danas izrađuje od jednog komada krom-čelika. Kut pod kojim se ukrštaju dvije pruge mjeri se u sredini srca.

Vlak koji prolazi skretnicu može voziti ravno naprijed kolosijekom kojim je i došao. Međutim, ako je skretnica postavljena na drugu stranu, vlak skreće na drugi kolosijek. Željezničari tada kažu da vlak ide u *odvojak*.

Sve su željezničke tračnice od čelika. Kako država sa srednje razvijenom željezničkom mrežom postavlja i obnavlja oko 400 000 t tračnica godišnje, posve je razumljivo da se od čeličana i valjaonica zahtijeva iz godine u godinu jednako dobar čelik, koji se i neprekidno kontrolira prilikom preuzimanja. Moderne se tračnice više ne lome. Male, ponekad i nezametljive rasprsline nisu opasne. Otkrivaju se ultrazvučnim ispitivačkim instrumentima, a popravljaju se električnim navarivanjem. Ni valovita istrošenost tračnica nije opasna, ali štetno djeluje na sve spojeve. Valovitost se odstranjuje specijalnim vagonom brusačem ili malim ručnim brusilicama.

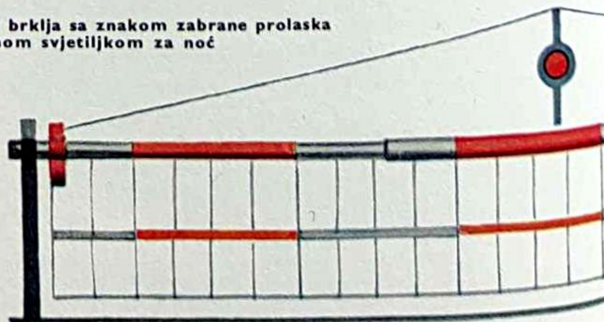
Tračnice se mogu pričvrstiti na pragove na više načina, a međusobno se spajaju sa dvije čelične trake i šest vijaka s maticama. Ti su spojevi veoma osjetljivi i inženjerima zadaju neprekidno dosta briga. Zbog toga je naposljetku sazrela misao da se spojevi izbjegnu spajanjem pojedinih tračnica u kolosiječne trakove duge i po više kilometara.

Duge tračnice sada se sastavljaju od osnovnih valjaoničkih tračnica koje su duge 15—18 m. U nekim valjaonicama one se električnim zavarivanjem spajaju u trake duge 30 i više metara, a u nekim poduzećima i do 300 m. Unatoč tolikoj dužini one se prevoze i polažu na pruge bez osobitih teškoća. Nakon toga 300 m duge tračnice zavaruju se poslije polaganja na pruzi aluminotermičkim postupkom u trake duge više kilometara.

Pitanje je što se s tako dugim tračnicama događa pri promjenama temperature? Poznato je da se čelične tračnice pri grijanju produžuju, a pri hlađenju skraćuju. Rastezanje i stezanje zavisi o promjeni temperature i o veličini presjeka tračnice. Zbog toga se kolosijeci polažu pri srednjoj temperaturi od 25°C. U Francuskoj se pri nižoj temperaturi tračnice prije spajanja griju. U sredini duge tračnice, pri najvišim i najnižim temperaturama nema nikakve promjene, ali se na posljednjih stotinu metara zamjećuje pomicanje, koje na krajevima dostiže 8—10 cm, uz snagu od 100 t (za tračnice od 50 kg po m) do 120 t (za tračnice od 60 kg po m). U Njemačkoj i SAD tračnicama se ne dopušta stezanje i rastezanje pa se tim silama suprotstavljaju teški pragovi i deblja tučenačka posteljica. Tada svaki prag pruža otpor rastezanju i stezanju veći od 1 tone. Naprotiv, u Francuskoj se dugim tračnicama dopušta rastezanje i stezanje, pa se na krajevima dugih tračničkih pruga postavljaju klizni spojevi (v. sliku).

Širine kolosijeka. Širina kolosijeka je razmak unutrašnjeg ruba glava na tračnicama. Najčešći je normalni kolosijek od 1435 mm. Preuzet je iz Engleske, gdje se na kolima upotrebljavao razmak kotača od 5 stopa (1524 mm). Kad je 1789. Jessop odstranio granične šipke s tračnica i postavio vijence na kotače, tračnice je ostavio glatke, a kolosijek je morao suziti na 1435 mm.

Obična brklja sa znakom zabrane prolaska i crvenom svjetiljkom za noć



U svijetu ima kolosijeka različite širine, a glavni su ovi:

	760 mm	(bosanski)
	762 mm	
	914 mm	
uski	1000 mm	(metarski)
	1067 mm	
normalni	1435 mm	
	1524 mm	(ruski i finski)
	1600 mm	(irski i brazilski)
	1665 mm	(portugalski)
široki	1668 mm	(novi španjolski)
	1674 mm	(stari španjolski)
	1676 mm	(indijski)
	1767 mm	(argentinski i čileanski)

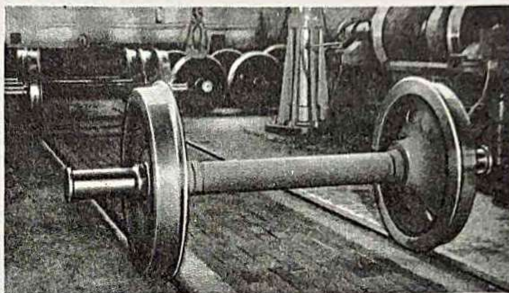
Razlike u širini kolosijeka velika su prepreka u međunarodnom željezničkom prometu. Zbog toga mnoge zemlje pregrađuju uskotračne pruge i postavljaju normalni kolosijek. Kod nas je tako zamijenjen uski kolosijek normalnim u Bosni do luke Ploče i u Crnoj Gori od Bara do Nikšića.

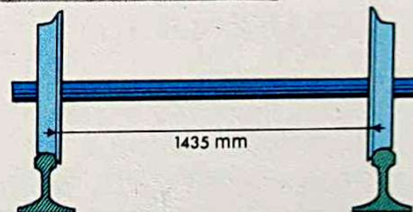
Između španjolske i portugalske željezničke mreže postoji razlika u širini kolosijeka od 9 mm. Ipak ista vozila mogu prelaziti iz jedne države u drugu bez osobitih smetnji. Međutim, Španjolska pri obimnijim popravcima svojih pruga postepeno smanjuje širinu kolosijeka na 1668 mm, tako da ostane razlika od samo 3 mm.

Na najveće teškoće nailazi se u Evropi na francusko-španjolskoj granici i na granici svih zemalja koje se oslanjaju na SSSR i Finsku. Putnici lako prelaze iz vlakova jedne širine kolosijeka na druge, ali pretovarivanje robe dugotrajan je i skup rad. Zbog toga je razumljivo da mnoge željezničke uprave proučavaju kako bi se najlakše mogao ublažiti taj nedostatak. Na sovjetsko-poljskoj granici putnički vagoni se podižu i mijenjaju im se dvoosovinska okretljiva postolja. U Brestu za to postoje dizalice, pa uvježbani sovjetski željezničari izmijene sva postolja ekspresnog vlaka Pariz—Moskva za dvadeset minuta.

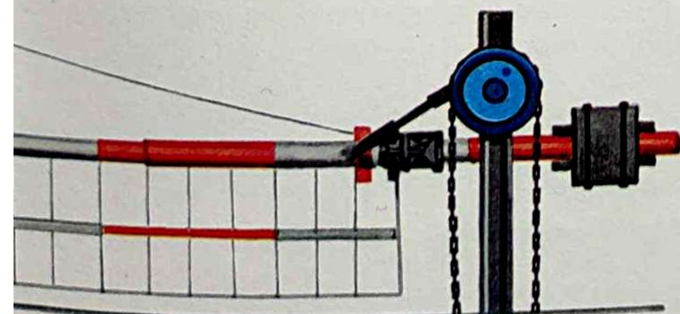
Na francusko-španjolskoj granici putnici moraju prelaziti iz jednog vlaka u drugi, a roba se mora pretovarivati. Španjolsko društvo *Transfera* ima oko 1900 teretnih vagona hladnjača kojima se mogu mijenjati osovine s kotačima.

Ima i drugih načina da se vagoni mogu upotrebljavati na kolosijecima različitih širina i mnogo je uređaja do sada patentirano. Najviše se upotrebljavaju vagoni s promjenljivim razmakom kotača na osovinama. Kotači su pričvršćeni na osovinu osobitim zasunima koji se otvore kad vlak prelazi s kolosijeka jedne širine na drugi. Željeznička pruga na tom mjestu prelazi postepeno s jedne širine kolosijeka na drugu. Lokomotiva gura vlak sasvim polagano (3 km na sat), a jake protutračnice potiskuju kotače prema vanjskoj ili unutrašnjoj strani. Kad svi vagoni dođu na kolosijek druge širine svi su kotači već razmaknuti ili stisnuti, a željezničari zatvore zasune. Ispred vagona prikopča se nova lokomotiva i vlak može nastaviti put novim kolosijekom. Da li će ovaj brz ali skup način prihvatiti pogranične željezničke uprave pitanje je vremena i novca.





Širina kolosijeka jest razmak unutrašnjih ploha na glavama tračnica. Tračnice su nagnute prema sredini pruge pod nagibom od 1:20

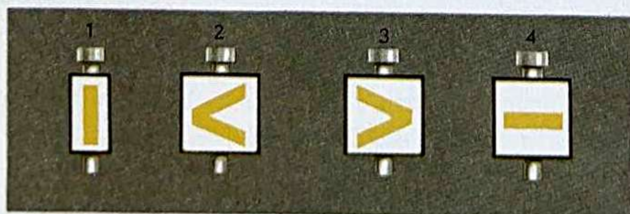


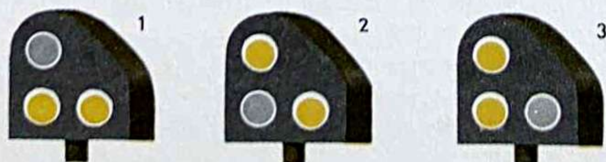
Brklja je gredica ili rešetkasta ograda kojom se s obje strane kolosijeka zatvara cesta, put ili staza. Brklju zatvara i otvara čuvar, stoga je pored nje obično i čuvareva kućica. Ponegdje jedan čuvar okretanjem kotača ili poluga zatvara i otvara i više brklji koje su dosta udaljene od njegove kućice. Brklje dižu ili spuštaju kotači ili poluge pritezanjem ili popuštanjem žica spojenih s brkljom. Čuvar se upozorava na dolazak vlaka signalnim uređajem iz najbliže postaje iz koje je krenuo vlak, ili ako je postaja predaleko iz najbliže kućice čuvara pruge. Na nekim modernim prugama lokomotiva sama i bez sudjelovanja strojovođe utisne svojim kotačem daleko ispred brklje prvi električni kontakt uz tračnicu kojim se pali električna žarulja na brklji. Svjetiljka bljeska crvenom svjetlošću kao opomena da će se brklja uskoro zatvoriti. Lokomotiva zatim utisne drugi kontakt kojim se upućuje elektromotor što zatvara brklju. Kad lokomotiva prijeđe raskrsnicu, kotač utisne treći kontakt uz tračnicu kojim se upućuje elektromotor na obratnu stranu, te se brklja otvara.

Na nekim modernim prugama čuvar koji nadzire brklju ima u kućici televizor tako da može kontrolirati što se događa na dalekoj raskrsnici oko brklje.

ŽELJEZNIČKA SIGNALIZACIJA

Svaku prugu čuvaju ophodari i čuvari i pregledavaju je nadzornici. Oni stanuju u kućicama koje su sagrađene na određenim razmacima, jer svaki nadzornik nadgledava određenu dužinu pruge. Kućice su u telefonskoj ili telegrafskoj vezi sa susjednim kućicama i postajama. Ako nadzornik primijeti manje neispravnosti na pruzi, sam ih popravlja, ali ako je neispravnost veća i opasna, odmah o tom obavještava obje najbliže postaje, a u slučaju potrebe posebnim signalom daje strojovođi znak da vozi smanjenom brzinom ili da zaustavi vlak. Da se ne bi dogodilo da strojovođa ne zamijeti njegov signal, nadzornik postavlja na tračnice daleko ispred opasnog mjesta i *praskave patrone*, koje eksplodiraju kad vlak naiđe na njih i svojim pucnjem upozore strojovođu na signal opasnosti.



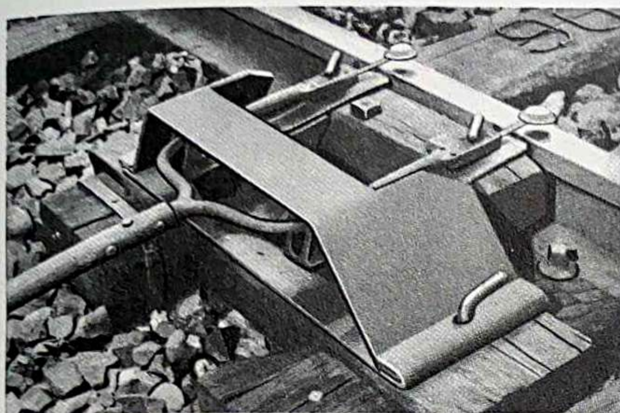


Signali. Moderne željezničke pruge podijeljene su zbog sigurnosti prometa na pružne odsjeke. Na tim prugama vrijedi pravilo da nijedan vlak ne smije ući u neki pružni odsjek dok se u njemu nalazi drugi vlak. Za reguliranje prometa služe crveni, žuti i zeleni svjetlosni signali. Strojovođa može krenuti iz neke stanice tek onda kad mu prometnik u službi (dežurni) dade *loparićem* znak polaska. Međutim, prometnik mu može dati taj znak tek onda kad se upali svjetlo koje pokazuje da je slobodan ulazak u prvi *pružni odsjek* (prostorni razmak) jer u njemu nema nijednog vlaka.

Signalima na pruzi upravlja sam vlak svojim kotačima, a to se može postići na više načina. Najčešći je električki sistem *izoliranog polja*.

Gore: skretnički signal: 1. vožnja ravno, 2. vožnja u lijevi odvojak, 3. vožnja u desni odvojak, 4. vožnja niz jezičac skretnice

Lijevo: električni signali: 1. zabranjena vožnja, 2. slobodno do idućeg signala, 3. slobodna vožnja i dalje od idućeg signala



Uređaj za postavljanje praskavih patrona iz daljine. Strojovođi se u slučaju opasnosti naređuje praskalicama da odmah zaustavi vlak. Patrone eksplodiraju kad lokomotiva naiđe na njih prvim kotačima

Tako željezničari nazivaju vrlo kratak dio kolosijeka, gdje su obje tračnice presječene na dva mjesta, a razmak između ta dva presjeka dobro električki izoliran prema zemlji, međusobno i prema ostalim tračnicama pruge. Izolirani dio jedne tračnice spojen je s jednim polom izvora električne struje, a izolirani dio druge tračnice s drugim polom. Kako između jedne i druge tračnice u izoliranom polju nema spoja, električna struja ne protječe tim strujnim krugom jer je prekinut. Međutim, ako preko polja prijeđe vlak, pri prolasku svakog para kotača struja poteče iz jednog pola izvora u jednu tračnicu, pa kroz kotače i njihovu osovinu u drugu tračnicu, a odatle u drugi pol izvora električne struje. Dakle, kotači s osovinom zatvore strujni krug izoliranog polja.

Ako se u takav strujni krug umetne poseban elektromagnetski brojač, on broji koliko je puta protekla električna struja iz jedne tračnice u drugu, pa tako broji koliko je osovina bilo u vlaku koji je prešao preko izoliranog polja. Taj se broj pokazuje na kontrolnoj ploči pred onim željezničkim namještenikom koji kontrolira promet i njime upravlja. U sličan strujni krug umetnut je i električni signal kojim upravlja sam vlak kad prijeđe preko izoliranog polja.

Netom vlak krene, lokomotiva sama svojim kotačima ugasi zeleno svjetlo a upali crveno, što znači da ona zauzima taj odsjek za sebe. Time što je upalila crveno svjetlo na signalnom stupu, lokomotiva kao da je iza sebe zatvorila neka nevidljiva vrata kroz koja ne smije proći nijedan drugi vlak.

Prije ulaska u drugi odsjek strojovođa pazi na ulazni signal. Ako je upaljeno zeleno svjetlo, vlak nastavlja put nesmanjenom brzinom i ulazi u drugi odsjek. Ali čim lokomotiva prijeđe preko izoliranog polja, ona svojim kotačima ugasi zeleno svjetlo a upali crveno. U istom trenutku ugasi ona crveno svjetlo na početku prvog odsjeka i upali žuto. Žuta signalna svjetlost znači da je ispred tog signala slobodan samo jedan odsjek. Drugi vlak može ući u odsjek koji je zatvoren žutom svjetlošću oprezno i samo smanjenom brzinom.

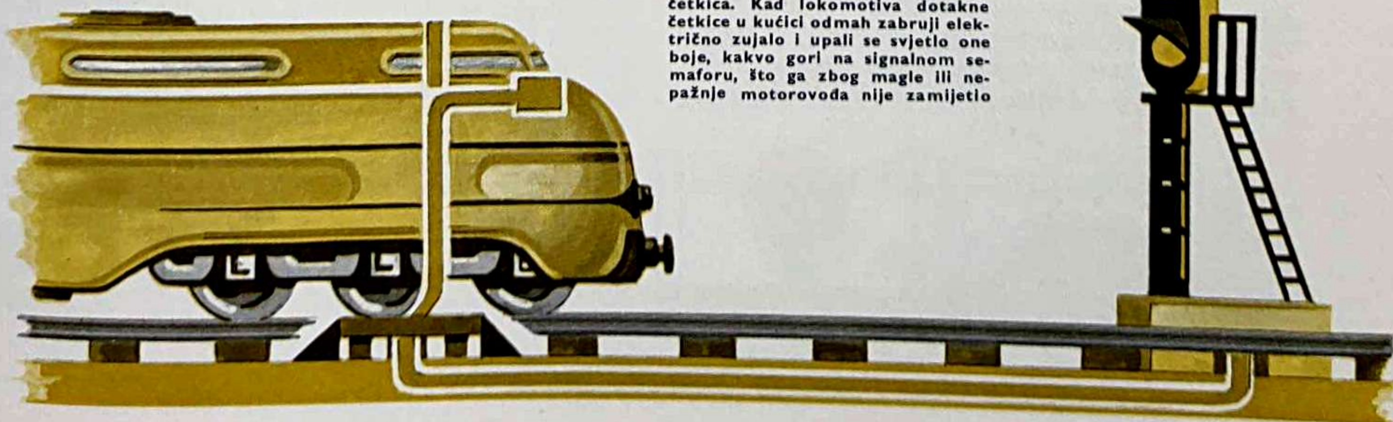
Kad lokomotiva prijeđe preko trećeg izoliranog polja, ona na stupu ugasi zeleno svjetlo i upali crveno, ali istodobno se na drugom signalnom stupu ugasi crveno i upali žuto, a na prvom stupu ugasi se žuto i upali zeleno svjetlo.

Na prugama gdje često vlada gusta magla pa se signalna svjetla ne vide te ispred željezničkih stanica gdje ima toliko mnogo kolosijeka i skretnica da bi se strojovođa u mnoštvu raznobojnih svjetlosnih signala mogao lako zabuniti, namještaju se signalni uređaji i u motorovođinoj kućici. Kad lokomotiva prijeđe preko izoliranog polja u kućici odmah zabruji električno zujalo i upali



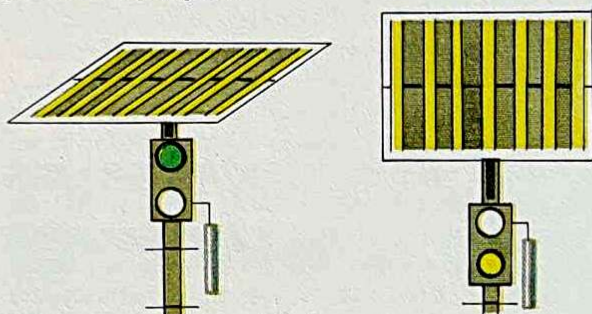
Gore: objavnice, 1. početak ograničenja brzine, 2. svršetak ograničenja brzine, 3. početak potiskivanja, 4. svršetak potiskivanja, 5. oznaka: ulazni predsignal

Dolje: za vožnje velikom brzinom, osobito po magli, teško je zapažati sve signale. Motorovođi se olakšava upravljanje električnim uređajima. Signalni semafor spojen je sa stupom na kojemu je namješten snop četkica. Kad lokomotiva dotakne četkice u kućici odmah zabruji električno zujalo i upali se svjetlo one boje, kakvo gori na signalnom semaforu, što ga zbog magle ili nepažnje motorovođa nije zamijetio



se svjetlo iste boje kakvo gori na signalnom stupu što ga zbog magle ili trenutne nepažnje motorovođa nije zamijetio.

Da bi se u svako doba i naknadno moglo ustanoviti pored kojih je signala prošao vlak, kakve je boje bilo upaljeno svjetlo na signalnom stupu, kojom je brzinom vozio vlak i kako je motorovođa upravljao lokomotivom, svi se električni impulsi, koji upravljaju signalima na pruzi i u motorovođinoj kućici, automatski bilježe na pomičnoj papirnatoj vrpci, koja je zatvorena u registarskom aparatu. Ona se iz aparata vadi samo kad treba ispisanu staru vrpcu zamijeniti novom. U slučaju potrebe može se ispisana vrpca upotrijebiti kao sudski dokaz kako je motorovođa u svakom trenutku upravljao lokomotivom. Registarski aparat nalazi se u motorovođinoj kućici pored brzinomjera.

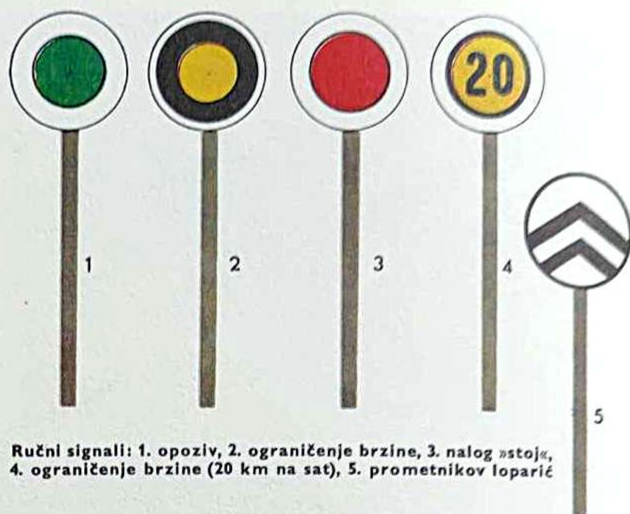


Stalni željeznički signali. Lijevo: predsignal »slobodno« Desno: predsignal »oprezno« (slijedi idući signal »stoj«)

Željezničke pruge, opremljene takvim signalnim uređajima, doista pružaju najveću moguću sigurnost jer je svaki vlak na otvorenoj pruzi zaštićen sa dva pružna odsjeka, koji su zatvoreni crvenim i žutim signalnim svjetlima.

U Jugoslaviji je najmodernije uređena nova željeznička pruga normalnog kolosijeka Sarajevo—Ploče, koja je duga 195 km i elektrificirana jednofaznom strujom od 25 kV, 50 Hz.

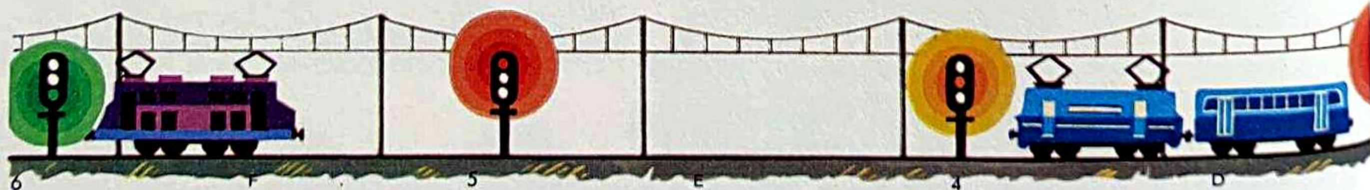
Čitava pruga podijeljena je na oko 100 pružnih odsjeka, koji su prema tome dugi nešto manje od dva kilometra. U svakom odsjeku namješteno je izolirano polje, a pored njega je svjetlosni signal. Boje signalnih svjetala (crveno, žuto, zeleno) mijenja sam vlak svojim kotačima. Drugom vlaku, koji vozi iza prvog, to pokazuje, da je prednji vlak na prvom (crveno), drugom (žuto) ili trećem (zeleno) pružnom odsjeku ispred drugog vlaka, na udaljenosti od dva, četiri ili šest kilometara.



Ručni signali: 1. opoziv, 2. ograničenje brzine, 3. nalog »stoj«, 4. ograničenje brzine (20 km na sat), 5. prometnikov loparić

Pruga Sarajevo—Ploče ima 26 željezničkih postaja. Svim skretnicama, u svih 26 postaja, može se upravljati centralizirano iz jedne jedine pružne podstanice u Rajlovcu kod Sarajeva. U Rajlovcu se nalaze neprekidno u službi dva željezničara, koji se nazivaju *dispečeri*, prema engl. dispatcher (č. dispečer) = otpravnik, otpremalac. Jedan dispečer upravlja svim uklopkama; on je, prema tome, upravljač električnom energijom. Drugi dispečer upravlja vlakovima i skretnicama na čitavoj željezničkoj pruzi i u svim postajama između Sarajeva i Ploča, a na kontrolnom stolu pred sobom, u svakom trenutku vidi kako su postavljene skretnice, koji su kolosijeci slobodni, te koji su kolosijeci zauzeti i koliko je na njima osovina (parova kotača). Sve su željezničke postaje međusobno povezane automatskim telefonima, a uz njih su i *registrofoni* (vrst magnetofona), tako da se svaki razgovor može zabilježiti na vrpci i u slučaju potrebe ponoviti. Sve su postaje povezane i telegrafijom, a veće i dalekopisalima (teleprinterima) s Hellovim aparatima, za pisanje brzojavki.

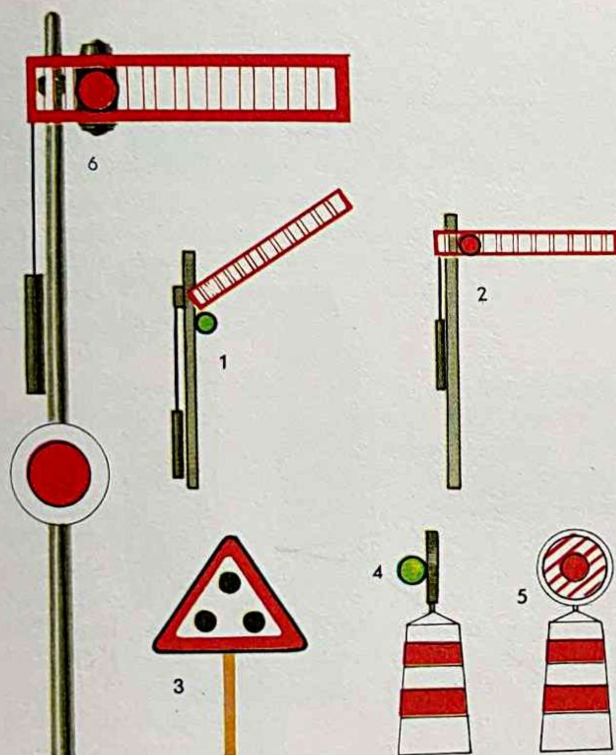
Duž čitave pruge vodi i satna linija. U Sarajevu je satna centrala s električnim matičnim satom koji pokazuje točno vrijeme. Taj sat je povezan sa svim satovima ponavljalima u postajama duž cijele pruge, tako da svi pokazuju isto vrijeme. Svaki dan, pola minute prije pola noći, iz centrale u Sarajevu upućuje se osobiti električni impuls, kojim se sva ponavljala zaustave. Drugim se impulsom sve kazaljke pomaknu na 12 sati i odmah pokrenu. Tako se svi satovi uravnaju.



Radi povećanja sigurnosti i ubrzanja prometa najmodernije su željezničke pruge podijeljene na odsjeke. U svakom se odsjeku nalazi izolirano polje. Vlakovi sami kotačima i osovinama propuštaju struju kroz izolirano polje i upravljaju signalnim svjetlima. Zeleno svjetlo znači »slobodno«, žuto upozorava »oprezno«, a crveno znači »stoj«. Prva je lokomotiva pri ulasku u odsjek A upalila na 3. signalu crveno svjetlo, a na 2. signalu istodobno ugasila je crveno i upalila žuto

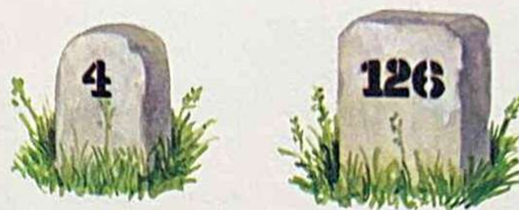
Ovakav signalno-sigurnosni uređaj, koji je doduše vrlo skup, omogućuje da se prugom otprema mnogo više vlakova, koji mogu voziti jedan za drugim punom brzinom na razmaku od dva pružna odsjeka. Uređajem se uštećuje oko 60% ljudstva, a sigurnost prometa neusporedivo je veća. Kad se sve to uzme u obzir, svi se troškovi isplaćuju već za nekoliko godina, a što je najvažnije, čuvaju se ljudski životi.

Sve naše željezničke pruge još nisu osigurane na takav način, ali se postepeno moderniziraju. Kod nas se još na mnogim prugama upotrebljavaju stupovi sa signalnim krakovima. Na svakom stupu je jedna svjetiljka koja noću stalno gori, a crvena i zelena svjetlost se dobiva tako da se pri pomaku signalnog kraka pomakne pred svjetiljku crveno ili zeleno staklo.



Glavni signali: 1. signal »slobodno«, 2. signal »stoj«, 3. objavnica prijelaza preko pruge, zviždukom treba dati signal »pazi«. Druga vrsta istih signala: 4. »slobodno«, 5. »stoj«, 6. poništeni (nevažeći) signal

Svi su signali kod nas s desne strane (ima malih iznimaka). Prema tome, signali s lijeve strane vrijede za one vlakove koji voze u protivnom smjeru jer su njima ti signali zdesna.



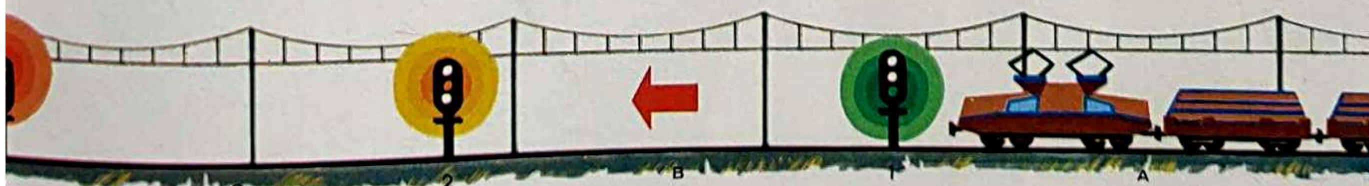
Daljinske oznake na kamenim stupićima duž pruge. Na manjim stupićima oznake za stotine metara. Veće oznake za kilometre

Ulazak ili izlazak je slobodan kad signalni krak stoji koso prema gore (noću zeleno svjetlo), a zatvoren je kad krak stoji vodoravno (noću crveno svjetlo). Da strojovođi ne bi pri slaboj vidljivosti signal promaknuo, redovito se ispred signala postavlja osobiti predsignal i to na 400—700 m ispred glavnog signala jer je toliko dug »zaustavni put« vlaka na sporednim i glavnim prugama.

Uza željezničku prugu ima još i mnogo drugih signala kojima se strojovođi daju upute i različne opomene. Postoji signal koji nalaže da se smanji brzina i pokazuje kojom se najvećom brzinom smije voziti. Poseban signal označuje prestanak ograničenja brzine. Na osobitim tablicama upisan je uspon i pad pruge, a upisano je i kako je dug svaki takav uspon ili pad. Osobitim signalom označena su mjesta gdje treba dati zvučni signal parnom zviždaljkom ili pneumatskom trubom jer pruga siječe kakav put ili stazu koja nije osigurana brkljom itd.

Kilometarske oznake. Duž svake željezničke pruge postavljena je i kilometarska oznaka. Na većem kamenom stupu uklesan je broj koji pokazuje koliko je ta točka daleko od početka pruge, a na manjim kamenim ili željeznim stupićima označene su stotine metara između dva kilometarska stupa. Ti su stupovi korisni jer se pomoću njih može točno odrediti položaj svake točke na pruzi, pa se npr. može i telegrafski javiti točno mjesto gdje se nešto dogodilo.

Putnici mogu kilometarsku oznaku iskoristiti da odrede kojom brzinom vozi vlak. Pri mjerenju treba istodobno motriti kilometarske stupove i sat i utvrditi koliko prođe sekundi dok vlak prijeđe 1 km. Da se izračuna koliko kilometara vlak prevaljuje na sat, treba broj 3600 (broj sekundi u satu) podijeliti s brojem sekundi koliko



Vlak iz odsjeka D može proći žuti 4. signal i ući u odsjek E oprezno i polagano, ali ne smije proći crveni 5. signal ni ući u odsjek F. Vlak F može proći zeleni 6. signal punom brzinom; on je iza sebe zatvorio odsjek F crvenim 5. signalom, a odsjek E žutim 4. signalom. Dakle, svaki se vlak iza i ispred sebe štiti barem s dva odsjeka, žutim i crvenim svjetlima. Na ovoj se skici, radi lakšeg shvaćanja, pretpostavlja da se svi vlakovi kreću istom prugom zdesna ulijevo

je proteklo dok je prozor vagona s kojega motrimo prešao put od jednog do idućeg kilometarskog stupa. Npr. ako vožnja od jednog do drugog stupa traje 56 sek., vlak vozi brzinom od 3600 : 56 = 64,3 km na sat.

Vozni red. Željeznički promet teče po točno utvrđenom redu kako bi se najbolje iskoristile pruge i stanice s kolosijecima za mimoilaženje i ukrštavanje vlakova.

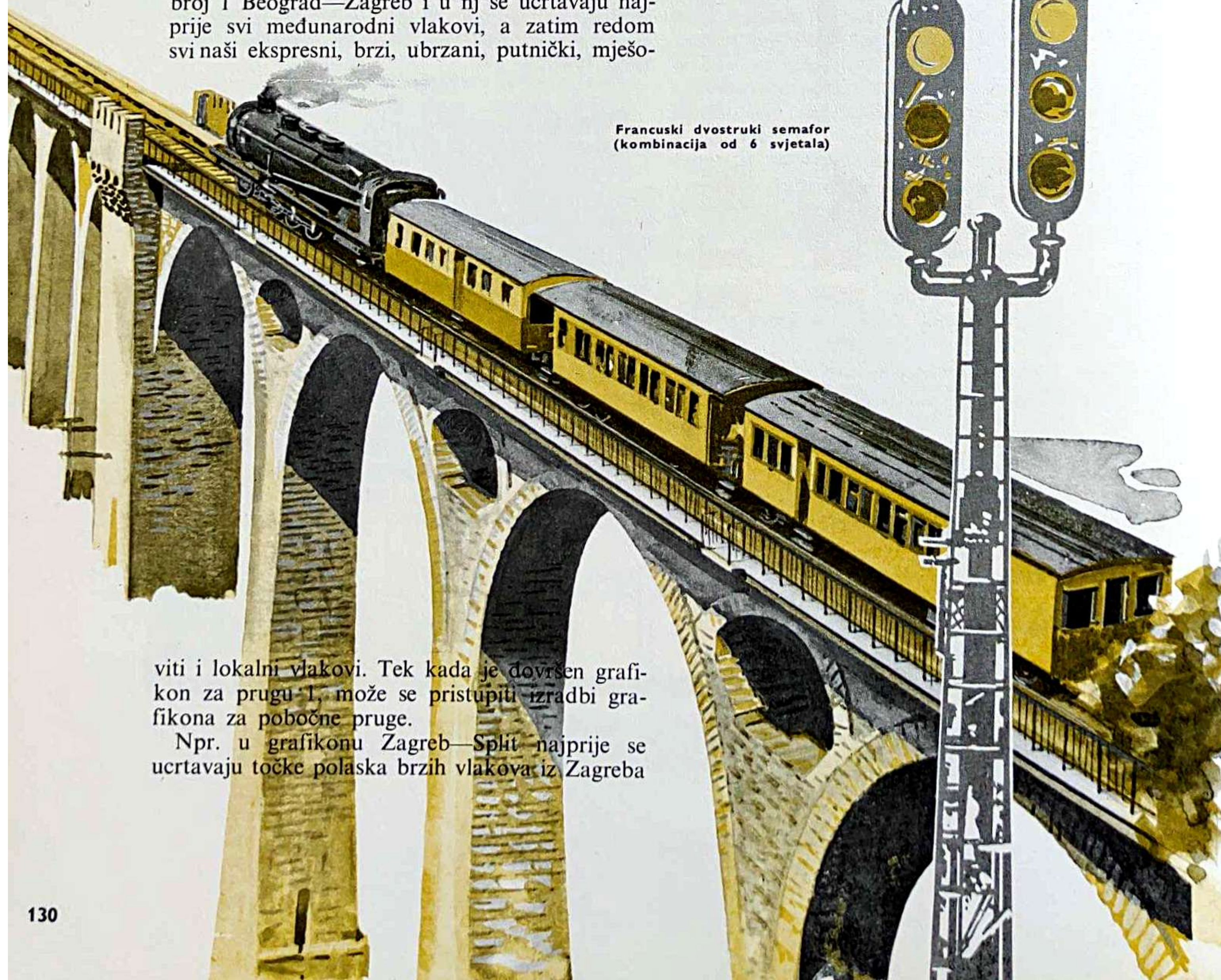
Vozni red za svaku prugu izrađuje se prema *grafikonu* (crtežu) u kojemu su u uspravnom stupcu upisane sve željezničke postaje na toj pruzi u razmaku koji odgovara međusobnoj razdaljini u kilometrima u određenom mjerilu, a gore i dolje označeni su satovi i minute na podjednakim razmacima. Vlakovi su označeni svojim brojevima i njihova vožnja ucrtava se kosim crtama.

Vrlo je malo pruga za koje se može izraditi posve samostalan vozni red jer vlakovi na početnoj i krajnjoj postaji moraju imati vezu s vlakovima ostalih pruga što ih ona dodiruje ili siječe. Stoga treba najprije izraditi grafikon za glavnu prugu s međunarodnim vlakovima, a tek zatim za pobočne pruge, odvojke i napokon za samostalne pruge bez veze s ostalima.

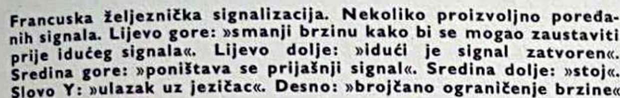
Kod nas se izrađuje najprije grafikon za prugu broj 1 Beograd—Zagreb i u nj se ucrtavaju najprije svi međunarodni vlakovi, a zatim redom svi naši ekspresni, brzi, ubrzani, putnički, mješoviti i lokalni vlakovi. Tek kada je dovršen grafikon za prugu 1, može se pristupiti izradbi grafikona za pobočne pruge.

Npr. u grafikonu Zagreb—Split najprije se ucrtavaju točke polaska brzih vlakova iz Zagreba prema Splitu. One se određuju prema dolascima u Zagreb međunarodnih vlakova iz Beograda i Ljubljane. Nakon toga crtaju se ponajprije putovi (kose crte) brzih vlakova od Zagreba do Splita i zatim svih ostalih vlakova koji voze u tom smjeru. Drugi je dio rada crtanje povratnih putova onih vlakova koji voze iz Splita u Zagreb. Kako je na toj pruzi mjesto s vezama za druge pruge Zagreb a ne Split, najprije se unose dolasci vlakova u Zagreb, pa tek se odatle ucrtavaju unatrag putovi vlakova koji dolaze iz Splita i tako se dobivaju vremena kada ti vlakovi moraju otputovati iz Splita da bi u određeno vrijeme stigli u Zagreb.

Iz grafikona se na prvi pogled vidi gdje se putovi vlakova sijeku zbog toga što jedan vlak vozi nasuprot drugome ili što brži vlak dostizava sporijeg. Ta sjecišta i stjecišta treba pomaknuti naprijed ili natrag tako da se svi vlakovi ukrštavaju ili mimoilaze u onim postajama koje imaju barem dva kolosijeka, a za svako sjecište treba odmah odrediti koji će vlak čekati, a koji slobodno proći, pa i to treba označiti na grafikonu.



Francuski dvostruki semafor (kombinacija od 6 svjetala)



Francuska željeznička signalizacija. Nekoliko proizvoljno poređanih signala. Lijevo gore: »smanji brzinu kako bi se mogao zaustaviti prije idućeg signala«. Lijevo dolje: »idući je signal zatvoren«. Sredina gore: »poništava se prijašnji signal«. Sredina dolje: »stoj«. Slovo Y: »ulazak uz jezičac«. Desno: »brojčano ograničenje brzine«

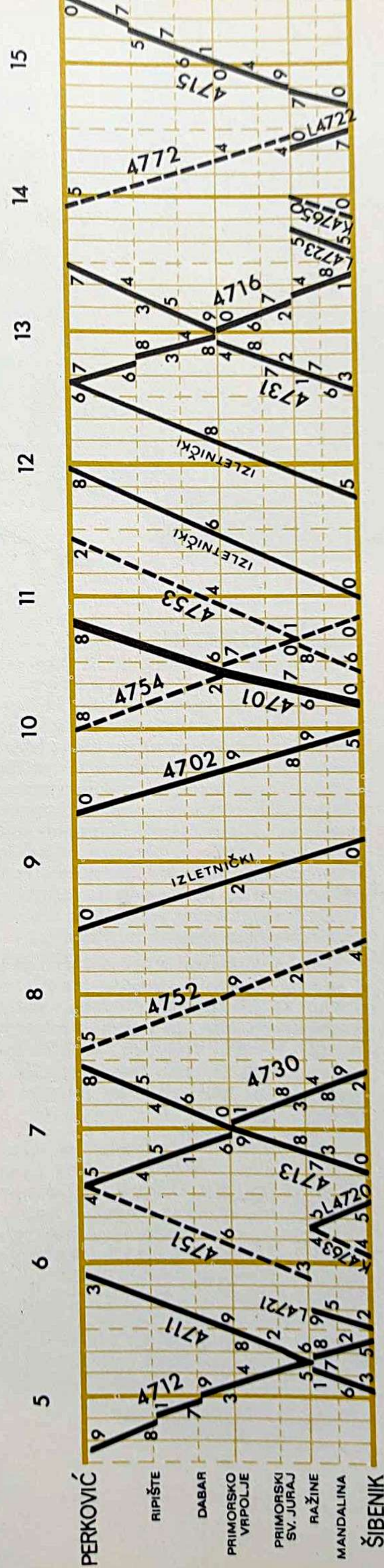
Kad je dovršen grafikon za prugu Zagreb—Split, može se pristupiti izradbi grafikona za sporednu prugu Perković—Šibenik na kojoj je Perković postaja gdje se odvojak vezuje s glavnom prugom. Stoga se u grafikon unose najprije točke odlaska svih vlakova iz Perkovića prema Šibeniku, a tek zatim se crtaju i putovi tih vlakova. Slično se izrađuje i drugi dio grafikona za povratni smjer vožnje, ali se najprije moraju unijeti dolasci vlakova u Perković, a tek zatim ucrtavati putovi unatrag do Šibenika. Tako se dobivaju vremena odlaska svih vlakova iz Šibenika prema Perkoviću.

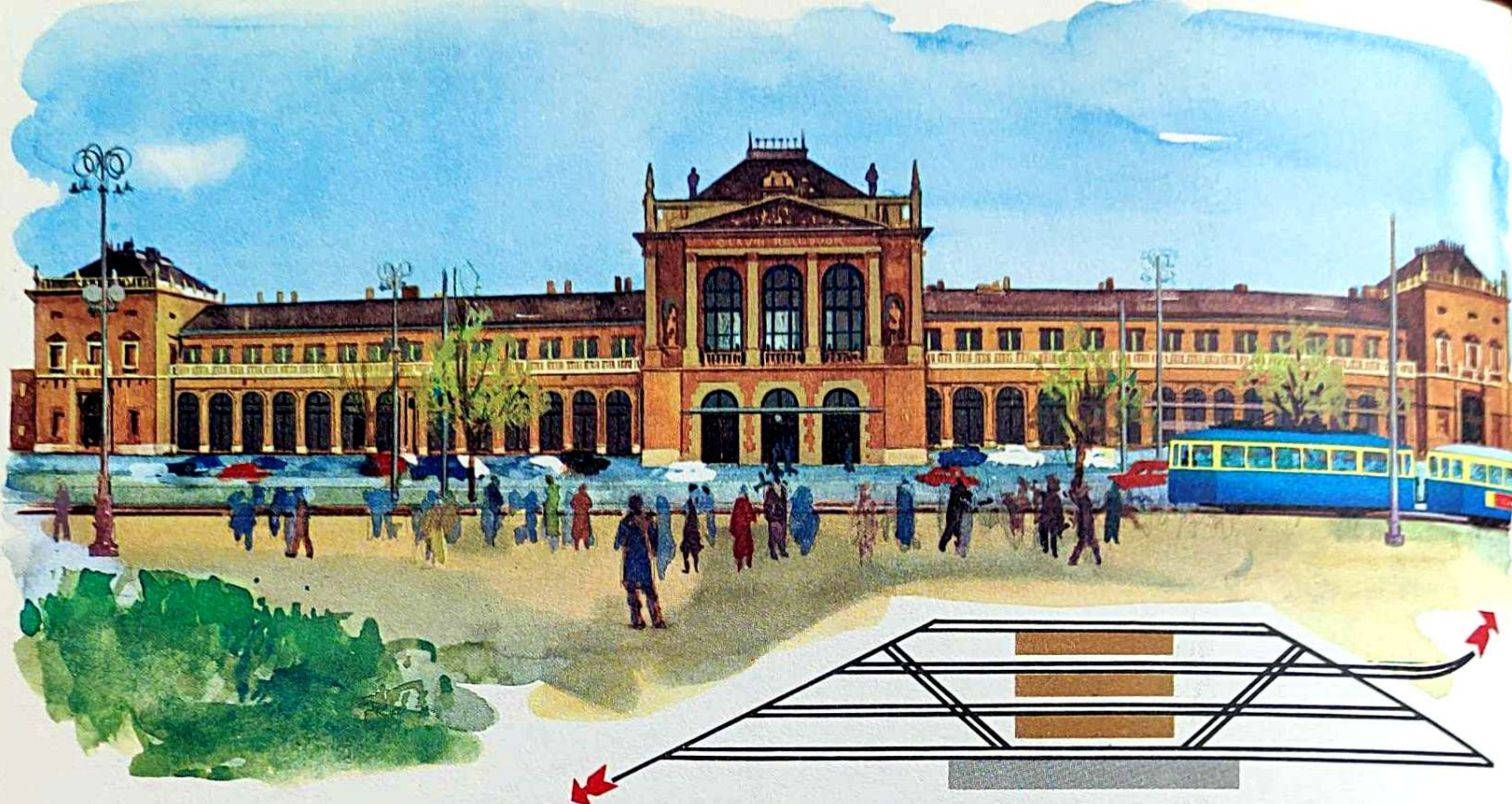
Iz grafikona se vidi da se i na toj maloj pruzi moraju ukrštavati mnogi vlakovi. Ako npr. više od jednog kolosijeka imaju samo postaje Primorsko Vrpolje i Ražine, vlakovi se mogu ukrštavati samo u njima. Npr. putnički vlak broj 4711, koji polazi iz Šibenika u 5^h03^m (brojka 3 uz crtu označuje 3^m), stiže u Ražine u 5^h11^m (brojka 1 označuje 11^m) i čeka do 5^h16^m (brojka 6 označuje 16^m), kad odlazi dalje prema Perkoviću, gdje stiže u 5^h53^m (brojka 3 označuje 53^m). U Ražinama se ukrstio s putničkim vlakom broj 4712, koji je krenuo iz Perkovića u 4^h39^m, stigao u Ražine u 5^h15^m i čekao zbog ukrštavanja do 5^h08^m, kad je krenuo dalje i stigao u Šibenik u 5^h25^m.

Brzi vlak 4701, koji iz Šibenika odlazi u 10^h10^m, zaustavlja se u Ražinama jednu minutu, od 10^h16^m do 10^h17^m, a zatim vozi bez zaustavljanja do Perkovića, gdje stiže u 10^h48^m. On je kroz postaju Primorsko Vrpolje projurio u 10^h26^m bez zaustavljanja. Tu je njegov prolazak čekao teretni vlak broj 4754 od 10^h22^m do 10^h27^m.

Na temelju grafikona mogu se upućivati izvanredni vlakovi. Npr. jedan izletnički vlak mogao bi se uputiti iz Perkovića u 8^h30^m. On bi mogao slobodno voziti do Šibenika bez zaustavljanja. Taj vlak može krenuti natrag iz Šibenika u 11^h00^m, tj. deset minuta nakon dolaska teretnog vlaka broj 4754, ili u 11^h45^m, i opet bi mogao voziti do Perkovića bez zaustavljanja.







Zagrebački putnički glavni kolodvor prolazne je (pasažne) vrste
Dolje: način kako se shematski crtaju kolosijeci na kolodvorima

KOLODVORI

Kolodvor je mjesto sa svim uređajima gdje putnici ulaze u vlakove i izlaze iz njih; gdje se utovaruju i istovaruju roba i pošta, gdje se stječu željezničke pruge koje dolaze s različitih strana svijeta. Tu su kolosijeci gdje se vlakovi sastaju, ukrštavaju i prestizavaju, gdje se svrstavaju vagoni i sastavljaju vlakovi, pripremaju lokomotive za vožnju, dopunjavaju voda i pogonsko gorivo i utovaruje oprema za lokomotive i vagone i sl. Kolodvori su mjesta gdje se željezničke pruge sastaju sa cestovnim, pomorskim, riječnim, zračnim i gradskim prometnim žilama.

Veliki se kolodvori mogu podijeliti na putničke i teretne. *Željezničke postaje* (manji kolodvori) obično su namijenjene istodobno putničkom i teretnom prometu, a *stajališta* su posve male postaje, ponekad samo sa zaklonom protiv nevremena, gdje se samo poneki putnički ili mješoviti vlakovi zaustavljaju na pruzi za najkraće vrijeme.

Putnički kolodvori međusobno se znatno razlikuju. Jedni su usporedni, *prolazni* (pasažni), u kojima je glavna kolodvorska zgrada usporedna s glavnim smjerom svih kolosijeka i perona. Vlakovi s jedne strane ulaze u kolodvor, a s druge strane izlaze iz njega (npr. Zapadni kolodvor u Zagrebu). Druga su vrsta okomiti, *završni* (terminusni, od lat. terminus = svršetak) kolodvori, gdje kolosijeci prilaze kolodvoru okomito na smjer glavne zgrade i pred njom završavaju (npr. glavna željeznička stanica u Beogradu, svi kolodvori u Parizu i čuvena Stazione Termini u Rimu). Ima i *mješovitih* oblika kolodvora s usporednim i završnim kolosijecima, od kojih su jedni nedaleko od drugih (npr. Glavni kolodvor u Zagrebu koji je zapravo prolazni kolodvor, ali s nekoliko završnih kolosijeka uz perone 4, 5 i 6).

Prema razmještaju kolosijeka i kolodvorske zgrade ima kolodvora u razini željezničke pruge, a ima i nadzemnih i podzemnih, gdje su kolosijeci iznad ili ispod zgrade. *Lučki putnički kolodvori* imaju obično kolosijeke i perone u prizemlju, a sve urede u prvom katu kolodvorske zgrade. Vlakovi ulaze u prizemlje; tu putnici izlaze na perone, a zatim se dižu pomičnim stepenicama i dizalima u prvi kat, gdje se nalaze svi uredi željeznice, carinarnice i pomorskih agencija, pa odatle ostakljenim mostovima ulaze na brod.

U nekim gradovima, gdje su pruge iznad ulica, kolodvor se sa svim uredima obično nalazi u prizemlju, a kolosijeci su, s natkrivenim peronima, u prvom katu iznad kolodvorske zgrade.

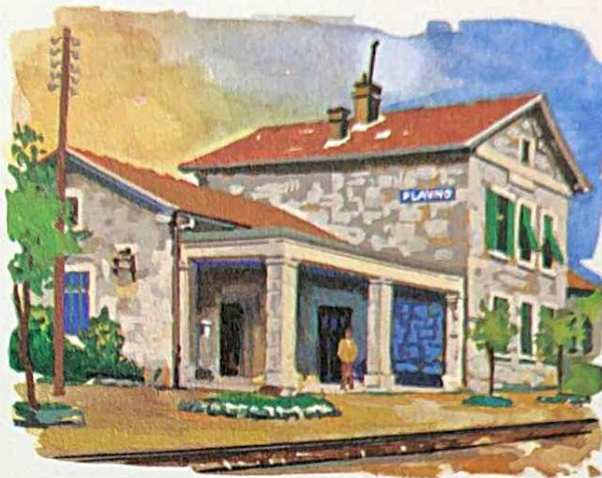
U prvo vrijeme veliki su se kolodvori gradili kao posebna vrsta golemih spomenika graditeljstva. Sada se oni uklapaju u arhitekturu grada, a željezničke postaje obično se grade u stilu kao što je većina zgrada u mjestu.

Na prvim kolodvorima vlakovi su ulazili u glavnu središnju dvoranu, koja je bila natkrivena ostakljenim krovom, a oko dvorane su bili raspoređeni uredi. Kasnije su peroni i kolosijeci prolazili ili završavali ispred kolodvorske zgrade, ali

je glavna dvorana i dalje ostala najveća i najvažnija prostorija. Ona je i danas glavna prostorija, a u najnovije vrijeme dobiva još veću važnost jer je u njoj sve više ureda koji služe putnicima.

U glavnoj kolodvorskoj dvorani su uredi za prodaju voznih karata i rezerviranje mjesta u vagonima, uredi za predaju i primanje prtljaga. Tu je centar za obavijesti, koji obuhvaća željezničke, cestovne, zračne, pomorske, riječne i turističke opće urede, zatim su agencije poduzeća kola za spavanje i kola za prijevoz automobila, poduzeća za iznajmljivanje taksija, za pozajmljivanje automobila na dulje vrijeme i za pohranu automobila u garažama. Veliki kolodvori imaju u glavnoj dvorani prostranu kavanu restauraciju otvorenu dan i noć svima. Kolodvorska je restauracija nekad bila namijenjena putnicima samo kao blagovaonica. Sada je to više ugodno sastajalište, gdje poslovni ljudi rješavaju mnogo trgovačkih poslova. Putnicima, koji se kratko zadržavaju između dva vlaka, više odgovaraju restauracije sa samoposlugom u kojima s manje nestrpljenja sami biraju i uzimaju jela, koja su i znatno jeftinija.

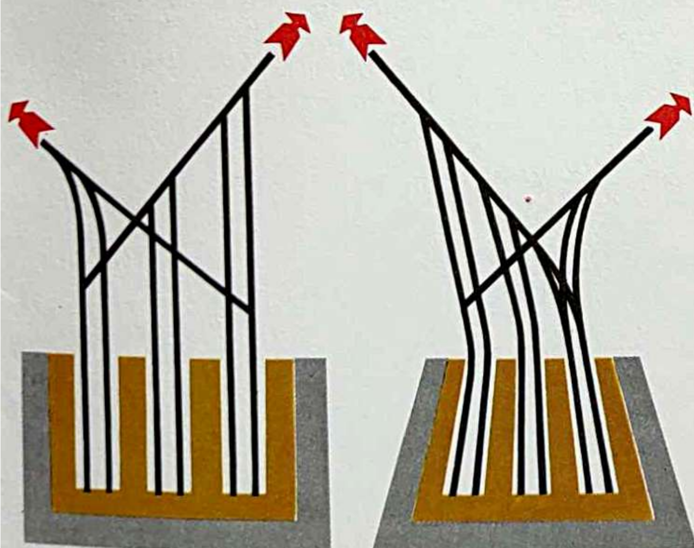
U kolodvoru je pošta i telegraf s telefonom i carinarnica za carinjenje prtljaga. Tu su garderobe, gdje se pohranjuje prtljag. Veliko skladište, s one strane gdje je izlaz s perona, klupe za primanje prtljaga, a sa druge strane, bliže ulazu na perone, klupe za izdavanje pohranjene robe. Poseban odsjek kolodvora uređen je za odmor i osvježenje putnika. Tu su čekaonice s udobnim naslonjačima, umivaonice, brijačnice, češljaonice i zahodi.



Željeznička postaja Plavno, na pruzi Zagreb—Split, u Lici, između Knina i Gračaca, karakteristična je građevina za postaje na kršu

Posebna je prostorija uvijek uređena kao čekaonica za teške bolesnike na nosilima, a uz nju je kolodvorska ambulanta sa stanicom za pružanje prve pomoći. Na kolodvoru ima još mnogo prodavaonica cigareta, cvijeća, novina, časopisa, jestiva, predmeta što ih putnici kupuju kao uspomenu na boravak u gradu i sl.

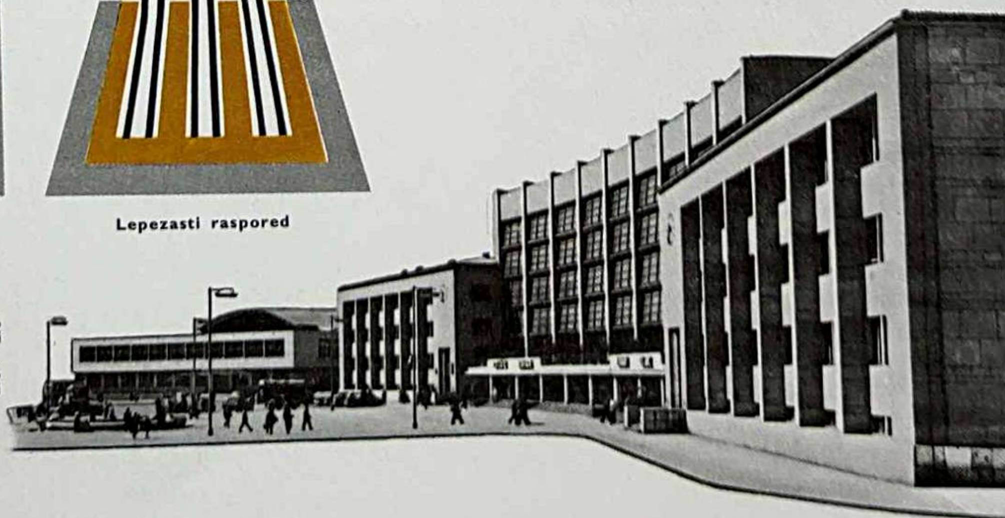
Kolosijeci i peroni. Suvišno je napomenuti da su na kolodvorima najvažniji kolosijeci; prema njihovom broju cijeni se važnost i propusna moć kolodvora. U završnim (terminusnim) kolodvorima kolosijeci su raspoređeni u obliku češlja i međusobno su usporedni, ali ponekad su rastavljeni kao lepeza, kako bi se dobila veća širina čelnog i ostalih perona. Na kraju svakog završnog kolosijeka nalazi se vrlo snažan granični odbojnik, koji brani čelni peron od onih lokomotiva i vagona koji se slučajno ne bi na vrijeme zaustavili.



Gore lijevo: završni kolodvor, usporedno raspoređeni peroni

Gore desno: završni kolodvor, lepezasto raspoređeni peroni

Novi sarajevski kolodvor na pruzi normalnog kolosijeka, sagrađen je istočno od kolodvora uskotračne pruge



Na prolaznim (pasažnim) kolodvorima, gdje su kolosijeci usporedni s kolodvorskom zgradom, putnici prelaze s jednog perona na drugi običnim popločanim prolazima u razini pruge. Danas se i na malo većim kolodvorima grade ispod kolosijeka podzemni prolazi ili se podižu prelazni mostići. Zanimljivo je da se putnici radije spuštaju (iako se kasnije isto toliko moraju penjati) nego se odlučuju na penjanje. Zbog toga se mostići više ne grade. Međutim, oni su odbačeni i za to jer smetaju, osobito na elektrificiranim prugama a smanjuju i preglednost s tornja.

Peron mora biti dovoljno dug kako bi svi vagoni nekog vlaka mogli »pristati« uza nj. Do nedavno se smatralo da je dužina od 300 m dovoljna. Međutim, vlak s dugom i snažnom lokomotivom, koja vuče i do 17 ili 18 modernih vagona od 24 m, zahtijeva peron dug 450 m. Lako je zamisliti kako negoduju moderni putnici, od kojih su mnogi navikli da takve »daljine« prelaze u gradu automobilom, kad moraju hodati s prtljagom gotovo pola kilometra, ako ulazi na perone nisu dobro raspoređeni. Još je veće negodovanje kad se djeca, starci i žene moraju penjati u visoke vagone s niskog tla pruge. Da se to izbjegne, i olakša ulazak u vagone, peroni se grade tako da im je površina 30 cm iznad razine tračnica.

Kako se vlakovi mimoilaze i pretječu na kolodvorima i postajama potrebno je da u njima bude više kolosijeka. Na koji će kolosijek doći vlak zavisi o položaju skretnica.

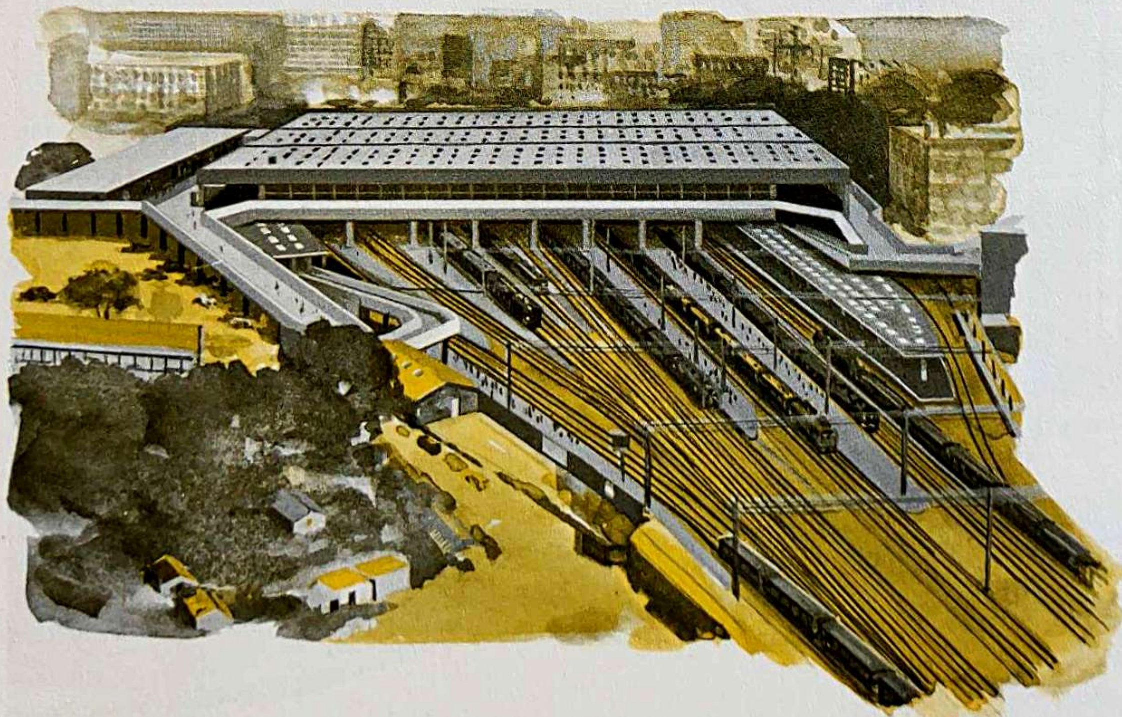
Propuštanje i svrstavanje vlakova. Skretnice se mogu premještati desno-lijevo ručnim, mehaničkim ili električnim spravama. Te su sprave tako uređene da skretnicu prebace, da je čvrsto drže u prebačenu položaju i da istodobno okrenu ili upale signal koji motorovođi iz daleka pokazuje na koju je stranu okrenuta skretnica.

Kad ulazimo vlakom u moderno uređenu stanicu, najprije ćemo opaziti zeleno svjetlo desno od kolosijeka. To je znak da je ulazak slobodan. Zatim ćemo zamijetiti na zemlji elektromagnetsku skretnicu i male električne signale, koji unaprijed pokazuju kako je okrenuta skretnica kojoj se približavamo.

Na nekim velikim elektrificiranim kolodvorima svim se skretnicama upravlja iz jednog mjesta, iz visoke zgrade koja se doima kao zapovjednički most na brodu. Tu se nalazi upravljač svih skretnica za sve kolosijeke glavnog kolodvora. Pred njim je veliki plan kolodvora, na kojemu se u svakom trenutku može vidjeti koji su kolosijeci zauzeti, a koji su slobodni. Mnogi će se upitati: tko to njemu javlja? Javljaju mu kotači lokomotive i svih vagona!

Kad vagon prijeđe preko skretnice i uđe na određen kolosijek, čuje se kako ispod svakog para kotača nešto zazuji. Na zemlji se uz tračnicu nalazi kao neki čelični češalj. Kad preko njega prijeđu prednja dva para kotača, čuje se zujanje, a kad prijeđu stražnja dva para, opet se to zujanje ponovi. To kotači utiskuju električne kontakte. Na blok-mostu na planu toga kolosijeka električni impulsi okreću brojilo koje broji osovine kotača koji su prešli preko češlja uz tračnicu. Ako je na taj kolosijek ušla lokomotiva s tenderom sa 12 osovina i 5 vagona sa 4 osovine, brojilo će na planu toga kolosijeka pokazati brojku 32 (12 + 20 osovina). Čim je vlak ušao na kolosijek, za njim se zapalila crvena svjetiljka, kolosijek je zatvoren.

Novi završni (terminusni) željeznički kolodvor u Londonu. Kolosijeci završavaju ispred glavnog perona, a kolodvorska zgrada je iznad svih perona



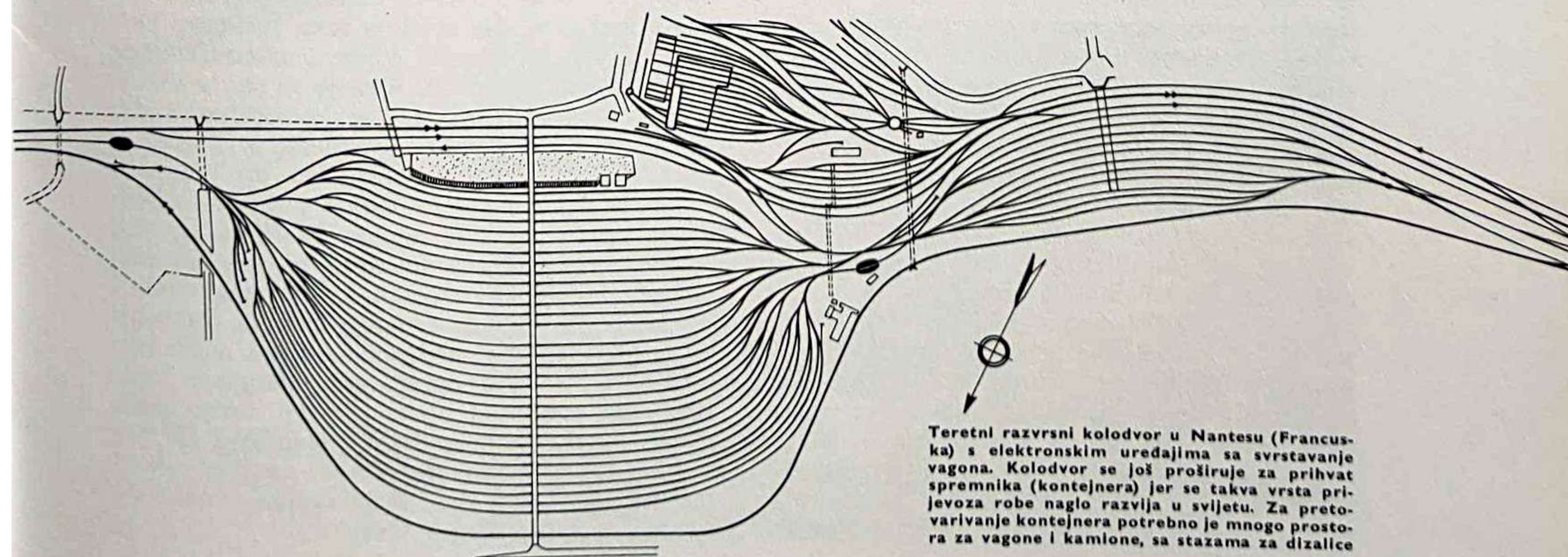
Raskošno uređeno predvorje za ulazak na perone gradske podzemne željeznice u Moskvi. Moskovska podzemna željeznica ima 6 gradskih pruga; kroz sve kolodvore prođe godišnje 2 milijuna putnika



Kad vlak izlazi iz tog kolosijeka, kotači opet utiskuju čelični češalj, a brojilo pokazuje kako izlaze parovi kotača: 32, 31, 30, 29, 28 do 0. Kolosijek je prazan i opet slobodan. Upravljač na blok-mostu može tek sada prebaciti zakočenu polužicu i upaliti zeleno svjetlo. Međutim, ako na kolosijeku ostane jedan vagon, npr. spavaća kola, brojilo će se zaustaviti na broju 4. To znači da je kolosijek ostao zauzet sa 4 osovine, pa na ulasku gori i dalje crveno svjetlo.

Na kolodvorima ima mnogo različnih radionica, uređaja i ureda. Na većim željezničkim stanicama nalaze se ložionice gdje se loži vatra u kotlovima lokomotiva koje se pripremaju za put. Tu se podmazuju i čiste lokomotive i vrše manji popravci. Blizu ložionica se nalaze i okretišta gdje se lokomotive okreću, utovarište ugljena, vodostanice za punjenje lokomotivskih tendera vodom za kotao, a obično su na stanicama i visoki okviri koji služe kao kontrolna mjera do koje se visine smiju natovariti vagoni da mogu bez štete proći kroz tunele.

Kolodvori pružaju željeznici velike prednosti. Oni su u velikim gradovima sagrađeni prije više desetljeća, a kako su to skupe građevine, nisu se premještali. Gradovi su se širili oko njih. Stoga željeznica može, na prugama kraćim od 600 km, uspješno konkurirati zrakoplovstvu, koje gubi dosta vremena za prijevoz putnika između grada i aerodroma.



Teretni razvrsni kolodvor u Nantesu (Francuska) s elektronskim uređajima sa svrstavanje vagona. Kolodvor se još proširuje za prihvat spremnika (kontejnera) jer se takva vrsta prijevoza robe naglo razvija u svijetu. Za pretovarivanje kontejnera potrebno je mnogo prostora za vagone i kamione, sa stazama za dizalice



ŽELJEZNIČKI VAGONI

Međunarodne registarske oznake željezničkih vagona. Ima ih više vrsta i upotrebljavaju se u različite svrhe. Jedne su namijenjene evidenciji kretanja vagona pomoću elektronskih računala, druge (na teretnim vagonima) za automatsko svrstavanje na ranžirnim kolodvorima, treće za brzo evidentiranje na granici itd.

Željeznički vagoni služe za prijevoz putnika, prtljaga, pošte i različite robe. Prvi teretni vagoni bili su obični četverokutni sanduci sa dvije nepomične osovine i četiri kotača. Putnički vagoni imali su klupe i laki krov. Udobniji putnički vagoni 1. razreda naličili su na diližanse; imali su dvije klupe i kućicu na kojoj su sa svake strane bila dva prozora i ostakljena vrata. Kasnije su se i poneki teretni vagoni pokrivali krovom da se roba zaštiti od nevremena i dima, pa su se dijelili na otvorene bez ograde (za grede, daske i dr.), otvorene s ogradom (za rudu, ugljen, kamen, pijesak i dr.) i zatvorene (za stoku i robu koju treba zakloniti). Putnički vagoni postepeno su produživani, pa su umjesto jedne jedine kućice sa dvije klupice gradili vagoni s više prozora i klupa. Bili su podijeljeni na više *odjeljaka* (*kupea*), a svaki je odjeljak imao jedna vrata na desnom i lijevom boku. U takvu vagonu ni putnici ni kondukteri nisu mogli prolaziti iz jednog odjeljka u drugi. S obje strane vagona pružala se široka stepenica kao neki neprekidni prag, a kondukter se po njoj, držeći se za ručke desno i lijevo od vrata, premještao od jednog odjeljka do drugog. Za kondukter je to bilo opasno, a u službi su bili izloženi i vremenskim nepogodama. Takvi su vagoni bili neudobni jer putnici nisu mogli izlaziti iz svojih odjeljaka.

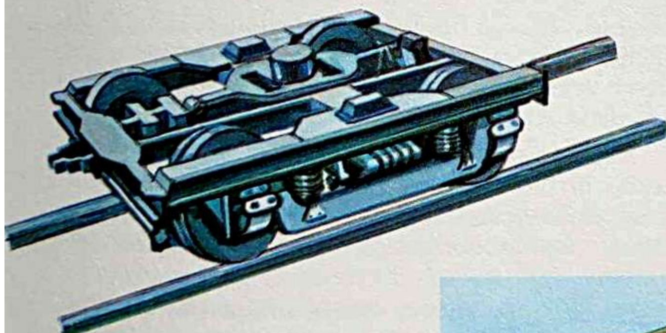
Pullmanovi vagoni. U Americi je već 1863. *George Pullman* (Džordž Pulman) sagradio prvi vagon bez pregrada sa slobodnim prolazom kroz sredinu vagona između klupa i unutrašnjost je uredio veoma raskošno. Kasnije su se i u Evropi gradili takvi vagoni, ali su se obično dijelili barem u dva odjeljka. Međutim, u Evropi je potkraj XIX st. ipak prevladao tip vagona s odjeljcima (kupeima) za 4 do 6 putnika i s hodnikom uz jedan zid vagona. Vrata su se otad gradila kao i sada, na oba kraja vagona, ali samo desno i lijevo. Naposljetku su probijena vrata i na oba čela vagona, i namještene su platforme što spajaju vagone međusobno poput malih mostova sa zaštitnim ogradama i sklopivim stijenama od gumirana platna. Takve stijene naliče na visoke harmonike. Poslije uvođenja tih novosti putnici mogu za vožnje napuštati svoja mjesta i prolaziti kroz sve putničke vagone od prvog do posljednjeg u vlaku.

Moderni vagon sastavljen je od voznog postolja i kolskog sanduka. Postolje manjih vagona ima obično dvije, rjeđe tri osovine, spojene direktno preko ležajeva, gibnjeva i vagonskih okvira s kolskim sandukom. Moderni dugi vagoni za brze i ekspresne vlakove imaju dva *dvoosovinska okretljiva postolja* sa četiri kotača. Prema tome, vagon ima ukupno 8 kotača. Vagonski sanduk leži na okretljivu postolju sa dvije klizaljke na dva čelična jastučića tako da se postolje s osovinama kotača može slobodno okretati desno-lijevo, prema tome kako vijuga kolosijek ispod vagona. Okretljiva postolja smještena su daleko od sredine, gotovo pri krajevima vagona. Takvi vagoni voze mnogo mirnije i tiše. Međutim, u najnovije vrijeme se događa, kad vlakovi voze brže od 100 ili 120 km na sat zavojitim prugama, da se vagon na dva dvoosovinska okretljiva postolja počne neugodno valjati desno-lijevo kad se udari kotača o zavoje kolosijeka vremenski podudaraju s periodom njihanja vagonskog sanduka (resonanca). Vagon se tada »baca« desno-lijevo i teško se primiruje. Da se to izbjegne, vagonski sanduci modernih vlakova ne leže s klizaljkama na čeličnim jastučićima postolja, nego su vezani za nj stapajicama cilindra s jakim oprugama koje djeluju kao *ublaživači* (*amortizeri*) njihanja. Posljednja su novost, koja se tek uvodi na nekim najbržim ekspresnim vlakovima, vagoni što vise na nosačima kao njihalo. Takav se vagon pri naglom zavoju zbog centrifugalne sile zanosi donjom stranom prema vanjskoj strani zavoja, dakle, obratno od običnih vagona koji se nagibaju prema vani gornjim dijelom, krovom. Na zavojima starih željezničkih pruga koje nisu dovoljno nagnute prema unutrašnjoj strani krivine, putnik u takvu vagonu može stajati posve mirno i pri najvećoj brzini vlaka jer se obješeni vagon nagne na unutrašnju stranu i tako olakšava održavanje ravnoteže putnika.

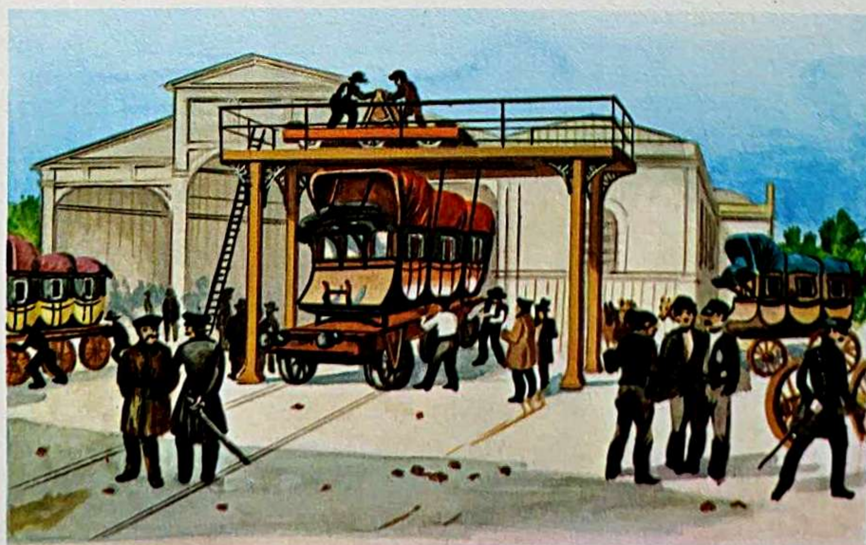
Posebni vagoni za prijevoz osobito teških tereta imaju više osovina, kako bi se smanjio osovinski pritisak na tračnice. Konstrukcija kolskog sanduka ovisi o vrsti vagona. Razlikuju se putnički i teretni vagoni. U putničke vagone ubrajaju se poštanska, službena, restauracijska, salonska kola, kola za spavanje i sl.

Kolski sanduk izrađuje se od čelika, drva, aluminija i plastičkih masa. Vagoni s drvenim sandukom najviše stradavaju prilikom željezničkih nesreća, a drvene trijeske nanose teške rane putnicima. Zbog toga se drveni vagoni više ne upotrebljavaju.

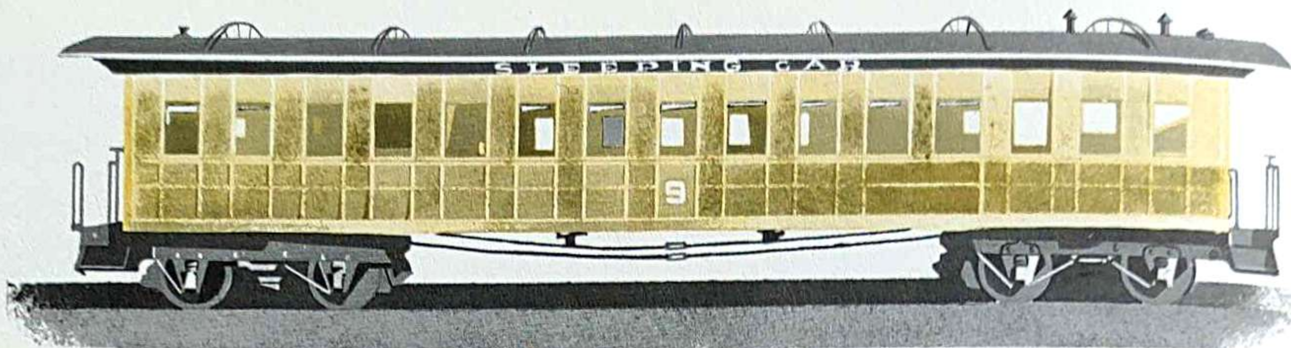
Konstrukcija i oprema putničkih vagona ovisi o stupnju udobnosti koja se želi pružiti putnicima, a konstrukcija teretnih vagona zavisi od vrste robe koja se prevozi. Danas ima mnogo, i svaki dan je sve više, različnih vrsta teretnih vagona, npr. cisterna za tekućine, plin, cement, čađu, hladnjača za voće, melasu, mlijeko, ribu, povrće, specijalnih vagona za staklo, limove, žice u kolutima, teških vagona za transformatore, dizalice, motore, motorna vozila i sl.



Lijevo: dvoosovinsko okretljivo postolje omogućuje da dugi vagoni mogu voziti zavojima nečujno, jer se postolje okreće oko ležaja prema luku kolosijeka



Putnici koji su stizali u Pariz diližansama nisu morali izlaziti iz njih i prelaziti u vagone. Diližanse su se rastavljale, a gornji dio utovarivao se na plosnate vagone. Nakon dolaska diližanse su se opet sastavljale. Takav se pretovar zadržao do 1856.



Prva spavaća kola, koja je izradio George Pullman 1858. u Sjedinjenim Američkim Državama

Kola za spavanje. God. 1858. sagradio je u Americi George Pullman prva kola za spavanje. Bio je to američki tip: čitav vagon jedan prostor. U sredini je ostao prolaz, a sa strane su smješteni kreveti na dva kata ograđeni zastorom od tkanine. Takvi su vagoni u većini i sada u Americi. Poslije nekoliko godina počela su se uvoditi kola za spavanje i u Evropi, ali kako su se Evropljani već bili privikli na manje odjeljke, podijeljeni su i vagoni za spavanje pregradama u odjeljke s naslonjačem za dva putnika. Noću se uspravni naslon podigne u vodoravan položaj pa tako nastanu dva kreveta, jedan iznad drugoga. Svaki odjeljak ima prozor, meku klupicu, preklopljiv stolić, ormar za odijela i umivaonik s tekućom hladnom i toplom vodom koja dolazi iz rezervoara u vagonu. U nekim vagonima nema svaki odjeljak svoj umivaonik, nego je između dva susjedna odjeljka ugrađena mala kabina s umivaonikom u koju se može ući iz jednog i iz drugog odjeljka. Kola za spavanje imaju na jednom kraju zahod, a na drugom kraju kabinu za pratioca. Uz pratiočev ležaj nalaze se i ormarići za posteljinu, električni hladnjak za pića i malo plinsko ili električno kuhalo za grijanje kave ili mlijeka za djecu. Kola za spavanje obično se prikopčavaju na početak ili kraj vlaka tako da putnici iz drugih vagona ne prolaze kroz njih i da ne bude one koji spavaju.



Pripremanje stolova za objed u restauracijskom vagonu

Restauracijski vagon. Pullman je 1865. uveo u Americi restauracijski vagon, a poslije nekoliko godina uvedena su takva kola i u Evropi. To je dug udoban vagon Pullmanova tipa sa osam kotača na dvjema dvoosovinskim okretljivim postoljima. Svaki vagon ima na jednom kraju kuhinju sa štednjakom na ugljen, na ulje za loženje, na plin ili na elektriku, zatim spremnicu za pribor za jelo i prostor za hladnjake. Sve to ne zauzima više od jedne četvrtine vagona. Ostali je prostor blagovaonica koja je obično ostakljenim vratima podijeljena na dva odjeljka za pušače i za nepušače. Kod svakog prozora uz vanjski zid vagona postavljeni su stolovi.

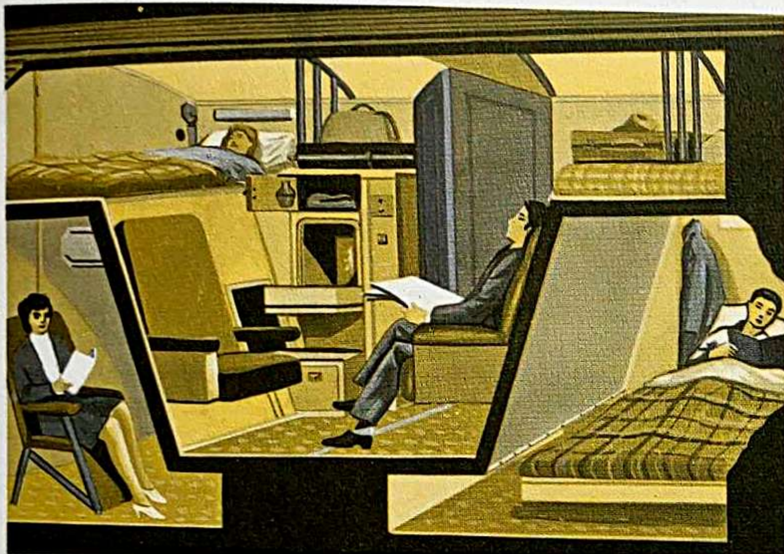
Restauracijski vagon obično je u sredini vlaka kako bi bio što bliže svim putnicima. U motornim vlakovima i šinobusima umjesto restauracijskog vagona uređen je u jednom vagonu bife ili bar.

Da se udovolji sve većim zahtjevima putnika, osobito poslovnih ljudi, uvedeni su na nekim vlakovima i automatski telefoni. Svaki vagon takva vlaka ima na jednom kraju malu telefonsku govornicu koja je dobro izolirana staklenom vunom ili drugim materijama da se priguše vanjski šumovi i buka kotača. U kabini je telefonski aparat. Okretanjem brojača na aparatu dobiva se veza s telefonskom centralom u službenim kolima vlaka, a odatle bežična veza s centralom najbliže željezničke postaje, koja bežični brojčani zov automatski uključuje u državnu telefonsku mrežu.

Moderni vagoni imaju uređaj za klimatizaciju (zimi grijanje, ljeti hlađenje odjeljaka). Ispod vagona su generator električne struje, kompresor i drugi uređaji za hlađenje i grijanje, a u vagonima su električni radijatori za grijanje i cijevi s venti-

latorima za hlađenje. Da bi strojevi mogli raditi i onda kad je vagon zaustavljen pa osovina ne okreće generator električne struje, svaki vagon ima akumulatorsku bateriju koja daje struju za pogon uređaja za grijanje i hlađenje dok je vagon nepomičan. U vožnji generator proizvodi struju za rasvjetu a istodobno i za punjenje akumulatorske baterije.

U velikim američkim putničkim vagonima bez odjeljaka nalaze se televizijski prijemnici, a sovjetski vlakovi na pruzi Moskva—Peking imaju u jednom vagonu kinematografsku aparaturu, radio i razglas, a u odjeljcima male zvučnike.



U spavaćim kolima obično su u svakom kupeu po dva kreveta. Kako putnici, koji putuju sami, ne vole spavati s nepoznatim suputnicima ima najmodernijih spavaćih kola, koja su podijeljena u jednokrevetne odjeljke. Međutim, svaki gornji odjeljak može se pretvoriti u dvokrevetni i dva puta veći kupe, ako se sklopi pomična pregrada koja ih razdvaja. Na slici gornji odjeljci s rasklopljenom pregradom; donji desni odjeljak uređen je za spavanje; donji lijevi odjeljak s preklopljenim krevetom uređen za dnevni boravak jednog putnika

Na nekim turističkim prugama vagoni imaju iznad širokih prozora i ostakljen obod krova da putnici mogu bolje promatrati okolicu. Neki američki vlakovi imaju na zadnjem vagonu otvoren balkon s kojeg se pruža pogled iza vlaka. Ima motornih vlakova i šinobusa u kojima je čelo prvog vagona ostakljeno tako da se može promatrati priroda ispred vlaka, a motorovođa je u drugom katu iznad putnika. Neki šinobusi imaju ostakljen drugi kat pa se iz visokog vidikovca pruža još širi pogled na okolicu.

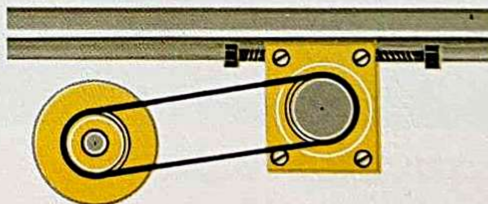
Grijanje vagona. Vagoni se griju parom iz lokomotive. Para se vodi dugim cjevovodima kroz sve vagone u široke rebraste cijevi koje su smještene ispod sjedišta u kupeima i duž hodnika. Svaki grijač ima svoj parni ventil, koji se ručicom otvara i zatvara. Uz ručicu su natpisi »toplo« i »hladno«. Kad putnik okrene ručicu na »toplo«, ventil se otvori i propusti paru u grijač; kupe se grije. Ako se ručica prebaci na »hladno«, ventil zatvori dovod pare u grijač i ispusti paru koja je ostala u njemu, pa grijanje prestaje.

Kad za jake zime treba grijati mnogo vagona, u vlak se ukopča poseban vagon s parnim kotlom. Taj se vagon izvana gotovo ne razlikuje od službenih kola. Vidi se samo kratak dimnjak na krovu.



Telefonska govornica u vlaku izolirana je staklenom vunom da se priguši buka. Veza se uspostavlja preko centrale u službenim kolima, koja zov automatski uključuje u državnu telefonsku mrežu

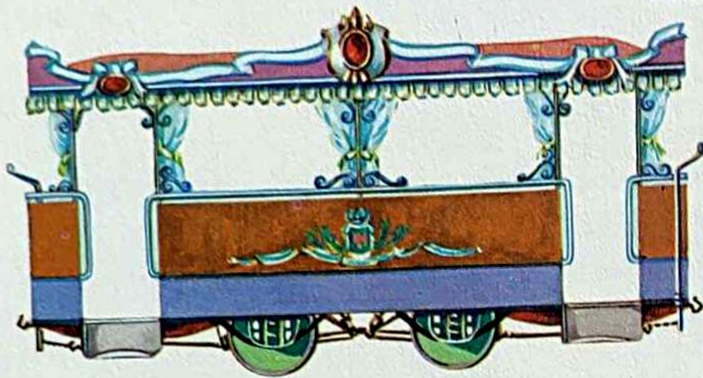
Dolje: remenica, remen i dinamo za rasvjetu vagona



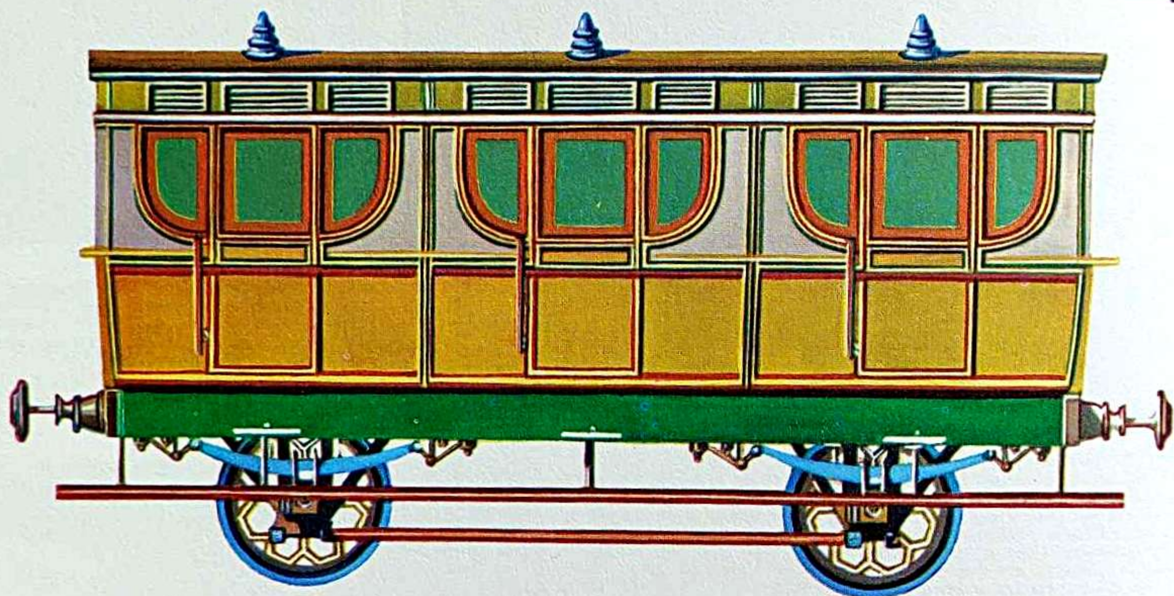
U vagonu su parni kotao, rezervoar za vodu, sisaljka za nadolijevanje vode u kotao i ugljen. Vagoni što ih vuče motorna lokomotiva griju se također parom jer svaka dizel-lokomotiva ima parni kotao koji se loži uljem i služi samo za parno grijanje. Električni vlakovi imaju u vagonima električno grijanje, ali ako su za električnu lokomotivu prikopčani vagoni koji nemaju električne grijače, treba ih grijati parom iz vagona s parnim kotlom.

Električno grijanje imaju vagoni na elektrificiranim prugama. Svaki takav vagon ima dvije električne mreže. Jedna se upotrebljava samo za električno grijanje vagona, a druga samo za rasvjetu. Za grijanje vagoni dobivaju struju iz kontaktne mreže preko lokomotive, a rasvjetna mreža je u svakom vagonu odvojena i samostalna.

1888. Vagon pariške gradske željeznice za lokalnu prugu Pariz—Bois de Boulogne





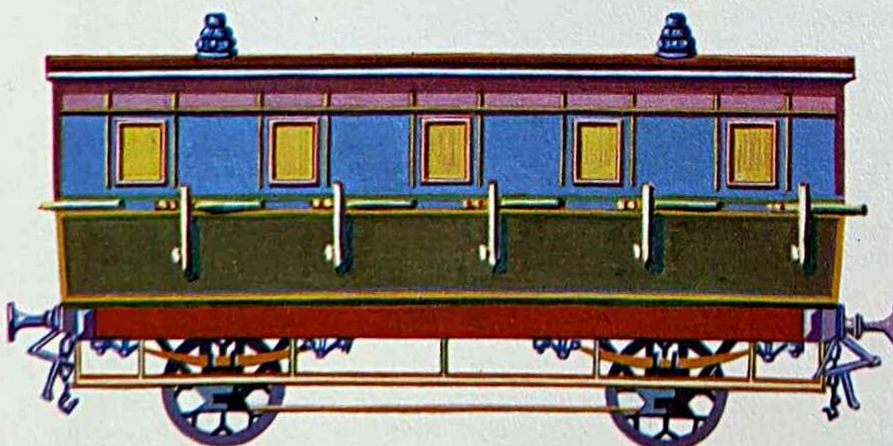


1909.

Vagon 1. razreda za švicarske brze vlakove u unutrašnjosti je podijeljen u 3 odjeljka

POVIJESNI RAZVOJ ŽELJEZN

od 1872. do 1971.



1910

Vagon 3. razreda za lokalne pruge. Unutrašnjost nije bila podijeljena na odjeljke

1911.

Njemački je poštanski vagon u unutrašnjosti posve opremljen za razvrstavanje pisama

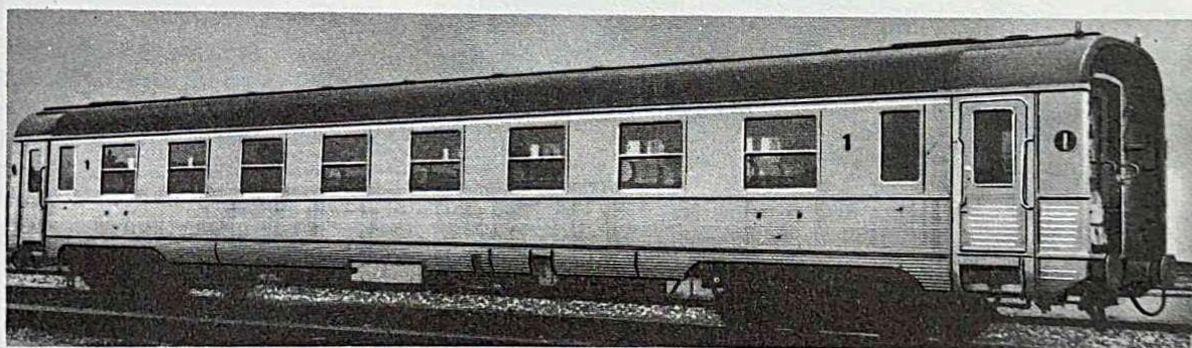


1872.

Prvi vagon iz Stephensonove tvornice izrađen u Engleskoj za francuske željeznice

1971.

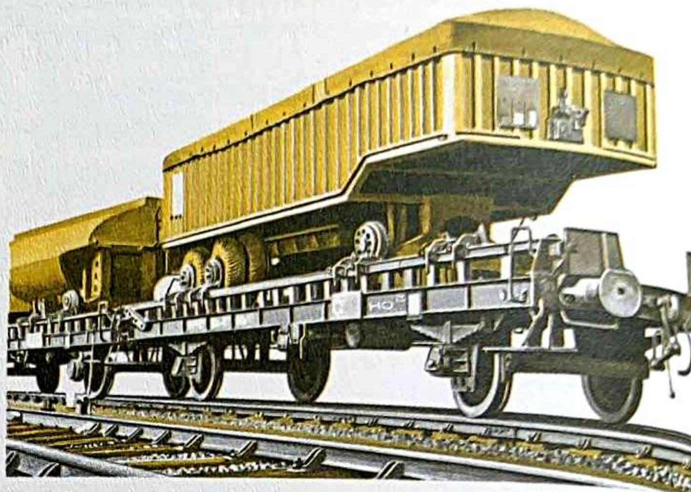
Britanski vagon prvog razreda od nerđajućeg čelika za brze vlakove pruge London—Liverpool



IH VAGONA



Osvjetljenje vagona. Donedavno su vagone osvjetljivale plinske svjetiljke. Plin (disudirani acetilen) se nalazio u čeličnim bocama ispod vagona. Kad se zamračilo, kondukter je dolazio u kupe i ručnom svjetiljkom palio plinske svjetiljke na stropu vagona. Sada moderni vagoni imaju električne svjetiljke. Uza svaku svjetiljku je i modra žarulja koja svijetli slabom svjetlošću da putnicima ne smeta kod spavanja. Električnu struju za rasvjetu vagoni ne dobivaju iz lokomotive, nego iz električnih akumulatora koji su smješteni ispod vagona. Svaki vagon ima svoj akumulator tako da žarulje mogu svijetliti i onda kad se vagon nalazi sam na kolosijeku. Dok svijetle, žarulje troše struju, pa kad bi vagon dugo ležao nepomičan s upaljenom svjetlošću, akumulator bi se ispraznio; trebalo bi ga izvaditi iz vagona i odnijeti na punjenje. Da se to izbjegne, svaki vagon ima svoju malu elektranu.



Radi ubrzanja pretovara robe sve se više upotrebljavaju spremnici (kontejneri). Roba se u njih složi u tvornici i ne pretovaruje se komad po komad, nego ostaje u spremniku do odredišta. Na slici našjedni kamionski spremnik (kontejner) na osobitom niskom vagonu



Na kraju brzih i ekspresnih vlakova sad se obično priključuju dvokatni vagoni za prijevoz automobila što ih putnici voze sa sobom

Ispod vagona kraj kotača nalazi se električni generator (dinamo) koji je remenom spojen s osovinom kotača. Kad se vagon kreće, kotači i osovina se okreću, pa se okreće i dinamo koji proizvodi električnu struju za rasvjetu vagona i za punjenje akumulatora. Uz dinamo je automatska sklopka koja ukopčava vagonsku rasvjetu na dinamo kad se vagon kreće, a prebacuje je na akumulator kad vagon stoji, ili kad se giba polako. Rad te sklopke može se pratiti motrenjem svjetlosti. Kad vagon stoji, svjetlost je obično slabija jer struja dolazi iz akumulatora. Kada vlak krene i dostigne veću brzinu, svjetlost se u jednom trenu pojača. To je trenutak kada je automatska sklopka iskopčala akumulator i sve žarulje prekopčala na dinamo. Obratno, kad vlak smanjuje brzinu, zamjećuje se da svjetlost svih svjetiljki odjednom oslabi. To je trenutak kada sklopka iskopča dinamo jer se on okreće odviše polagano, a ukopča struju iz akumulatora koja je obično slabija. Dok se okreće, dinamo danju i noću puni akumulator. Prema tome, kondukter se u modernom vagonu ne mora brinuti za svjetiljke. Dovoljno je da samo navečer uključi i ujutro isključi električnu rasvjetu.

Teretni vagoni donose željezničkim upravama oko 70% svih prihoda i najveću dobit te u većini slučajeva pokrivaju gubitke putničkog prometa koji gotovo nigdje na svijetu ne posluje s dobitkom. Stoga se u svim državama modernizira trgovački promet jednako kao i putnički, ali u mnogo širem opsegu.

Teretni promet se dijeli uglavnom na *brzovozni* (pokvarljiva roba, komadne i dr. pošiljke) i *sporovozni* (ugljen, rude, građevni materijal i dr.). U teretnom brzovoznom prometu redoviti teretni vlakovi voze po točno utvrđenom voznom redu i onda kad nije posve iskorištena vučna snaga lokomotiva ni nosivost vagona. Stoga brzovozni teretni saobraćaj ne donosi mnogo dobiti iako su vozarine vrlo velike.

Sporovozni teretni vlakovi sastavljaju se od onoliko punih vagona koliko može povući lokomotiva. Vlak kreće tek onda kad je posve natovaren. Prema tome, sporovozni teretni vlakovi ne drže se određenog voznog reda. Oni donose željezničkim upravama najveću dobit.

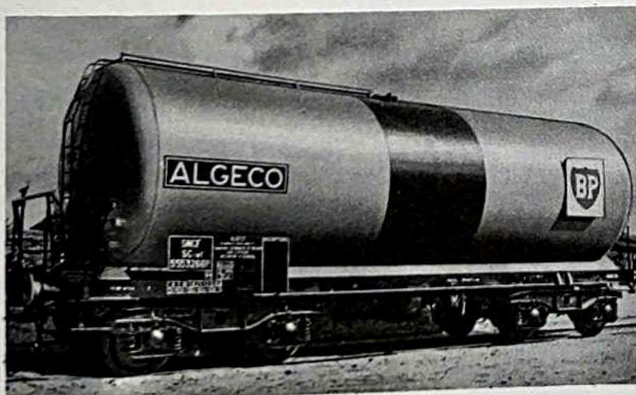
Za brzo prikupljanje i utovarivanje robe iskorišteno je vrlo mnogo novih izuma i načina. Izumljeni su vagoni koji se mogu kretati i po kolosijeku kao obični vagoni i po cesti na gumenim kotačima kao kamioni tako da se roba ne mora pretovarivati. Na kolodvorima su uređeni posebni kolosijeci koji mogu primati i otpremati takve vagone. Utovar je moderniziran i izumom *kontejnera* koji

se sve više upotrebljavaju, osobito za sitnu robu (stakleninu, porculan, instrumente itd.). To su okovani sanduci s kukama veliki kao $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ vagona ili kao čitav vagon i prenose se iz tvornica do vagona ili obratno na velikim kamionima. Kontejneri se u tvornici napune proizvedenom robom, tvorničkom dizalicom podignu se na kamion i prevezu do kolodvora. Tu se pomičnom dizalicom na gumenim kotačima utovare na platformu otvorenog vagona. Prednost je kontejnera da se vlak može natovariti za 1 do 2 sata, a da se roba ne lomi i ne oštećuje.

Umjesto kontejnera mogu se na vagone tovariti i kamioni puni robe tako da se iz njih ne mora roba pretovarivati na kolodvorima. Za prijevoz takvih kamiona, osobito kamiona hladnjaka s voćem, ribom ili mesom, služe *vagoni klokani* (vagoni kenguri). To je niska platforma sa četiri udubine u koje upadnu kamionski kotači tako da željeznički vagon s natovarenim visokim kamionom može prolaziti kroz tunele. Novost su i specijalne dizalice na gumenim kotačima i automobili *viljuškari* koji se upotrebljavaju za brzo podizanje, slaganje, utovarivanje i istovarivanje sanduka. Željeznički radnici moraju sada biti mnogo vještiji, ali zato rade s manje fizičkog napora.

Elektronsko raspoređivanje vagona. Da se što bolje iskoriste vagoni, trebalo je uspostaviti izvještajnu službu o raspoloživim kolima svih vrsti i nosivosti. U nekim su državama za tu svrhu sve željezničke postaje međusobno povezane osobitim električnim aparatima *dalekopisalima* (teleprinterima, v.), kojima svakog dana ujutro i navečer javljaju centrali u glavnom gradu kakvi su sve vagoni raspoloživi na njihovim kolosijecima. Papirna vrpca koja u centrali izlazi iz teleprinterskog prijemnika nema ni slova ni brojki, nego je sva izbušena; puna je rupica koje su složene u različnim kombinacijama. Prva grupa rupica znak je za ime željezničke postaje, druga je grupa znak za udaljenost od centrale u kilometrima, treća grupa označava vrstu vagona, četvrta nosivost, peta matični broj itd. Kad se takva vrpca provuče kroz velik računski stroj, u njemu elektronski mozak »upamti« svojim ćelijama gdje su i kakvi su vagoni slobodni.

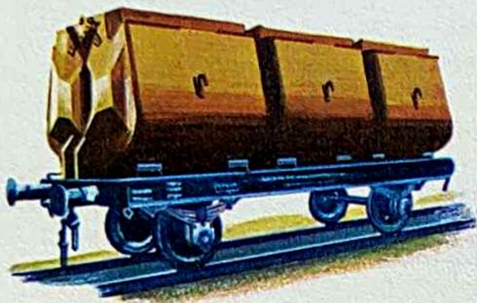
Kad nekoj postaji npr. u luci Laveri kod Marseillea u Francuskoj ustreba vagon-cisterna za prijevoz 20 t plina, treba samo računskom stroju utiskivanjem upitnih dugmeta »postaviti pitanje«: 1. vagon cisterna, 2. plin, 3. dvadeset tona, 4. Lavera, a elektronski mozak, na temelju podataka koje je pohranio u svojim ćelijama, za stoti dio sekunde odgovori ime najbliže postaje u kojoj se u tom trenutku nalazi takav slobodni vagon, a zbog kontrole javlja još nosivost i matični broj vagona. Elektronski mozak vodi evidenciju i o lokomotivama, strojovođama, ložačima, vlakovođama, pratiocima, kondukterima i o drugim podacima koji su važni da bi se što potpunije iskoristilo osoblje i vozila. U Francuskoj se uvođenjem elektronike u službu raspodjele 470 000 vagona prištedjela nabava 12 000 teretnih vagona.



Gore: vagon za prijevoz tekućina i plinova



Desno: za brz pretovar spremnika (kontejnera) uređuju se posebni kolodvori s mnogo kolosijeka i prostora za kamione, a u lukama se grade prostrana slagališta za spremnike te brze i okretne samohodne dizalice. Na slici mala auto-dizalica za istovar lakih spremnika iz vagona i kamiona

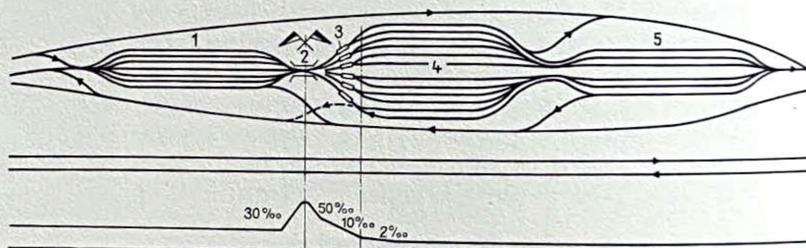


Vagon s otvorivim bokovima za brz istovar ugljena, rude i pijeska

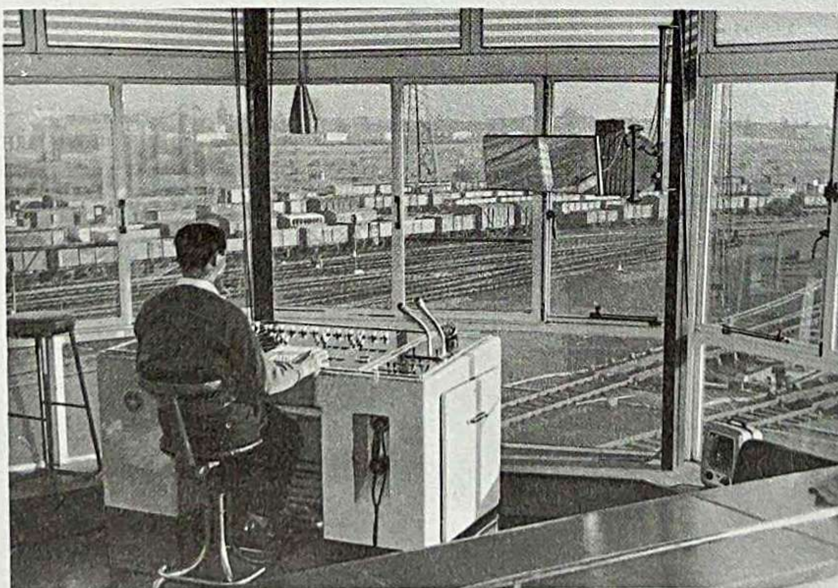
Vrste teretnih vagona. Sve veći zahtjevi sile željezničke uprave da moderniziraju i same vagone. Sada već ima mnogo različitih tipova, a grade se neprekidno i vagoni nove vrste. Neki putnički i brzi vlakovi imaju osim službenih i poštanskih kola još i jedan do dva dvokatna teretna vagona za prijevoz automobila što ih putnici voze sa sobom. Čim su uvedeni, javila se tolika potražnja da su se morali priključiti gotovo svim međunarodnim vlakovima koji voze na velike daljine. Teško je i nabrojiti sve vrste vagona kakvi se sada upotrebljavaju u teretnom prometu. Osim običnih vagona otvorenih bez ograde i s ogradom i zatvorenih koje svi poznajemo, sve se više upotrebljavaju cisterne za prijevoz ulja, benzina, ulja za loženje, vode, vina i drugih tekućina, vagoni s ugrađenim posudama za prijevoz plinova, kiselina, cementa u rasutu stanju, ugljene prašine, različnih kemikalija, čađe itd. Postoje višekatni rešetkasti zatvoreni vagoni za perad, posebni zatvoreni vagoni za stoku, hladnjaci za voće, meso i ribu, vagoni s basenima za živu slatkovodnu ribu, plosnati i visoki vagoni za pločno staklo i ogledala, osobite niske platforme s vrlo mnogo kotača za prijevoz teških strojeva, motora, transformatora, mosnih konstrukcija, dugih greda, različnih cijevi itd. Ima posebnih vagona koji se mogu preokrenuti, nagnuti ili otvoriti s donje strane da se iz njih može istresti ugljen, pijesak, ruda i druga roba.

Razvrstavanje vagona. Za ubrzanje teretnog prometa važno je da se teretni vlakovi brzo sastavljaju. Vagone, koji stižu iz različnih krajeva za različne postaje, treba razvrstati (ranžirati) prema njihovim odredištima. Npr. vagone, koji stižu u Zagreb iz Srbije, Slovenije, Čehoslovačke, Austrije i Madžarske za Rijeku i Split, treba svrstati tako da na jednom kolosijeku budu svi vagoni za Rijeku, a na drugom za Split.

Nekad su se vagoni razvrstavali postupno na putu do odredišta. Na svakoj većoj željezničkoj raskrsnici teretni vlakovi su se zaustavljali duže vrijeme, na jednom su kolosijeku ostavljali one vagone koji su se na toj postaji odvajali, a s drugog kolosijeka preuzimali su one vagone koji su nastavljali put prema odredištu. Manevar je



Shema spuštalice s grbinom i kolosiječnim kočnicama za brzo razvrstavanje vagona u ranžirnim postajama. Na modernim se spuštalicama vagoni razvrstavaju elektronskim kontrolnim aparatima, jer svi vagoni nisu jednako teški ni brzi. Elektronski se regulira i razmak vagona pri spuštanju: 1. gornje razvrsno polje, 2. grbina, 3. kolosiječne kočnice, 4. donje razvrsno polje, 5. završno polje. Dolje presjek iste grbine



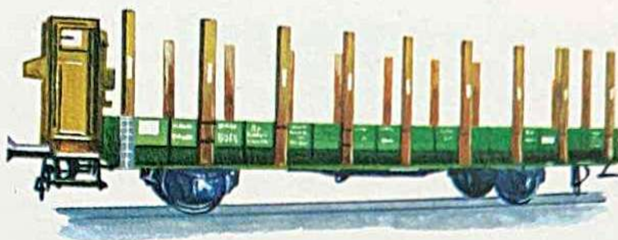
Nadzornik, koji iz kontrolnog tornja nadgleda automatsko razvrstavanje vagona niz spuštalicu, samo ako ustreba usporava brzinu spuštanja pomoću kolosiječnih kočnica

bio vrlo spor i to sporiji što je vlak bio dulji. Trajanje putovanja nekog teretnog vagona u gustoj željezničkoj mreži ovisilo je o međusobnim vezama između pojedinih vlakova na različitim prugama, a i o »sreći« koliko će se zadržati na svakoj pruzi.

Kad se teretni promet razvio, morao se povećati broj kolosijeka na kojima su se svrstavali vagoni, i upotrijebiti manevarske lokomotive koje su razvrstavale prispjele vagone, kako bi se pojedine grupe vagona mogle što brže priključiti teretnim vlakovima koji prolaze kroz tu postaju. Međutim, i manevarskim lokomotivama je trebalo mnogo vremena dok su svaki vagon dogurale do svog mjesta na određenom kolosijeku. Zbog toga se prešlo na drugi način razvrstavanja: lokomotiva je gurnula vagon većom snagom, on je krenuo sam na određeni kolosijek i po njemu se kretao zaletom do vagona, koji je razvrstan već stajao na kolosijeku, udario je u nj i tako se zaustavio. Prejako potisnut vagon udario je takvom snagom da se mogao oštetiti ili se oštetila roba u njemu. Da se ublaže ti udarci željezničari su usporavali prebrz zalet ručnim kočnicama ili su trčeći pokraj vagona podmetali pod kotače kočne papuče, koje su klizile ispod kotača, ali su usporavale i zalet.

Nakon toga došlo se na pomisao da se za što jednoličnije razvrstavanje upotrijebi sila teža. Tako se postepeno došlo do modernog razvrstavanja teretnih vagona. Razlikuju se uglavnom dva načina razvrstavanja. Može se čitav vlak, koji treba razvrstati, postaviti na nagnutu prugu, tj. na prugu u padu i jedan po jedan vagon puštati niz prugu otvaranjem kočnica. Drugi je način da se izgradi *spuštalica* s grbinom i kolosiječnim kočnicama. Pri tom načinu razvrstavanja manevarska lokomotiva polagano gura vagone, koje treba razvrstati, uz *grbinu* (uspon od 30‰), a odatle se oni jedan po jedan jednolično spuštaju pod utjecajem sile teže niz grbinu pod padom od 50‰. Pad se smanjuje na oko 10‰ ispred kolosiječnih kočnica gdje se vagonima može po volji smanjivati brzina tako da se kreću u jednakim razmacima i jednolično umjerenom brzinom kako ne bi udarali prejakom snagom u razvrstane vagone.

Kolosiječne kočnice su dvije protutračnice koje stežu kotače. One imaju vrlo snažno kočno djelovanje jer uklješćuju donji dio bandaža na kotačima gdje je brzina ravna ništici u odnosu na tračnicu. Na modernim spuštalicama razvrstavanje se regulira elektronskim kontrolnim aparatima jer svi vagoni nisu jednaki. Poneki se od zaleta niz grbinu kreće brže, a drugi sporije; zimi se svi vagoni kreću sporije zbog gušćeg ulja u mazalicama osovina ili zbog snijega na tračnicama. Svi se vagoni i ne koče jednako zbog različite debljine bandaža ili masnoće na kotačima. (Cisterne za prijevoz ulja redovito su brže.)



Vagon za prijevoz dasaka, greda, tračnica, betonskog željeza i šipki



Vagon s posudama za prijevoz plina, kiselina, alkohola i dr. tekućina



Vagon za prijevoz ugljene prašine, cementa, čađi i dr. sipkog tereta



Tank za prijevoz tekućeg goriva, vina, vode, ulja i drugih tekućina



Specijalni željeznički vagon za prijevoz ravnog (pločnog) stakla

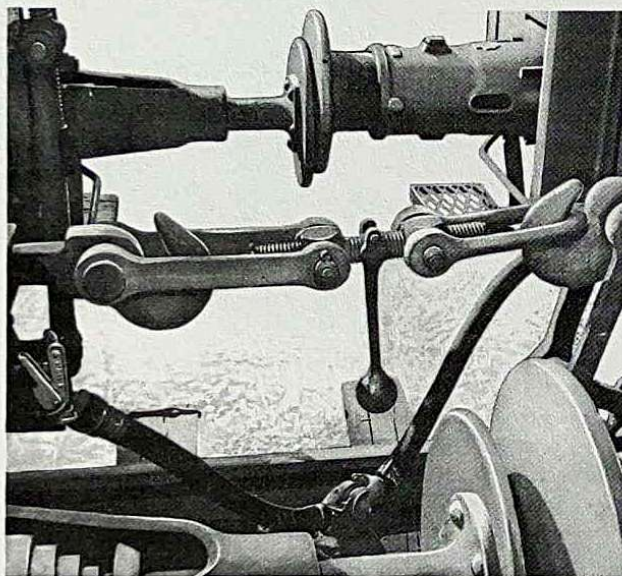
Elektronski se kontrolira i razmak vagona koji se kreću niz spuštalicu. Dok prednji vagon ne oslobodi skretnicu, idući za njim ne može doći na nju, jer ga drži kolosiječna kočnica. U tu je svrhu kod skretnice namješten infracrveni projektor koji usmjeruje svjetlost jedne infracrvene svjetiljke u prijemnik s druge strane kolosijeka. Dok je vagon svojim sandukom na skretnici i dok zasjenjuje tu svjetlost jezičak skretnice se ne može prebaciti, a kolosiječne kočnice se ne mogu otvoriti.

U nekim je državama i razvrstavanje automatizirano. Svaki prispjeli vagon ima na sebi nalijepljenu listicu različne boje s oznakom odredišta. Duž vlaka prolazi željezničar s prijenosnim radio-odašiljačem te prema bojama listica i odredištima izvještava ranžirnu centralu kamo treba uputiti pojedini vagon.

Namještenik iz ranžirne centrale vidi sve kolosijeke, a služi se i televizorima, telefonom, radio-prijemnikom i razglasom sa zvučnicima duž svih kolosijeka itd.



Tračničke kočnice kod spuštalice za razvrstavanje vagona. U pozadini toranj s upravljačkom postajom za električno prebacivanje skretnica te za pritezanje, odnosno popuštanje, tračničkih kočnica



Uređaj za ručno prikapčanje vagona, uzročnik mnogih nesreća, sad se zamjenjuje automatskim i bezopasnim kvačilom

U centrali se nalazi elektronski *kombinator* koji automatski usmjeruje vagone i upravlja skretnicama. Francuski kombinatori imaju onoliko uspravnih cijevi koliko ima kolosijeka na razdjelnom pojasu. Onako kako namještenik ubacuje kuglice u cijevi tako se električno razvrstavaju vagoni. Američki kombinatori rade s papirnim vrpcama na kojima je za svaki kolosijek označena jedna uska traka. Bušenjem rupica u vrpci određuje se za svaki vagon redni broj i kolosijek, a kako ta vrpca prolazi kroz kombinator onako se električnim aparatima upravlja kočnicama na grbini, kočnicama na kolosijecima i svim skretnicama. Pri razvrstavanju održava se vremenski razmak od oko 10 sek. između prolaska dva uzastopna vagona kroz istu skretnicu.

Vagon za velike ali lake nekvarljive predmete, koji se prekriva i platnom





ZUPČASTE ŽELJEZNICE

Obične lokomotive vuku vagone samo trenjem vučnih kotača o tračnice. Ali kad se pruga mora provesti preko visokih planina ili do vrha planine koja je odviše strma, običnim bi lokomotivama klizili kotači. Na takvim se strminama grade pruge koje imaju kolosijek od tri tračnice, dvije obične i treće između njih nazubljene.

Dvije su vrsti strmih pruga. Jedne su zupčaste od početka do kraja i penju se iz doline uza strme obronke do vrha planine ili do nekog vidikovca. Druge su pruge mješovite i prelaze više planinskih lanaca, pa na ravnijim odsjecima imaju obične tračnice, a zupčasta tračnica pojavljuje se samo na velikim strminama i opet nestaje kad nagib postane blaži.

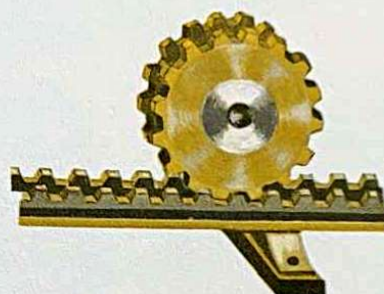
Na mješovitoj pruzi voze lokomotive s dvostrukim parostrojem. Jedan dvocilindrični stroj služi za obične kotače, a drugi sličan parostroj okreće zupčasto kolo. Lokomotive za zupčastu prugu imaju samo jedan parostroj sa dva cilindra. On tjera zamašnjak koji preko pužnih i drugih zupčanika okreće nazubljeno kolo što zahvaća u nazubljenu tračnicu. Obični kotači samo nose lokomotivu i okreću se onako kako se lokomotiva kreće.

U tehničkom pogledu najvažnije je da srednja zupčasta tračnica bude jaka. Jednako je važno da je što bolje pričvršćena o čelične pragove koji moraju biti dobro ukotvljeni u tlo. Lokomotiva neće kliziti ako ima zupčast kotač, ali se ne smije dogoditi da popuste tračnice pa da lokomotiva zajedno s vlakom i zupčastom tračnicom klizne kao na smučki niz strminu u ponor.

Da se lokomotiva ne uzdigne sa zubaca zbog jake vučne snage, na osobito strmim prugama grade se dva vodoravna zupčasta kola koja zahvaćaju u tračnice sa dva reda zubaca sa strana.

Na zupčastim prugama lokomotiva je uvijek na donjem kraju vlaka tako da pri vožnji uzbrdo gura vagone, a pri spuštanju ih pridržava. Nema, dakle, opasnosti da se vagoni otkače.

Prvu zupčastu željeznicu sagradio je *W. Marsh* (Marš) 1866. u Americi. Ona je vozila do vidikovca na brdu Washington (Vošington) u White Mounts (Vajt Maunts = Bijele planine). Najstrmija je pruga u Švicarskoj. Sagrađena je 1889. i penje se na planinu Pilatus. Uspon doseže

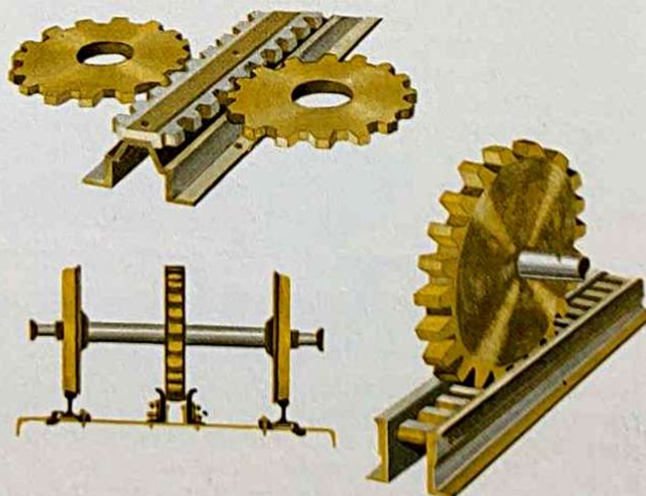


Zupčasta parna željeznica, nedavno elektrificirana, projektirao je Fayet (od 500 m) do vrha Mont Blanca. Nije izgrađena dalje od Bionassaya (vis. 2500 m). Pruga je duga 12,4 km s usponom i do 24%

480‰ (480 m na 1000 m). U Jugoslaviji zupčasta željeznica prelazila je preko Ivan-planine na uskotračnoj pruzi između Sarajeva i Mostara.

Moderne su zupčaste željeznice elektrificirane, pa vlakove uz pristranke planina potiskuju električne zupčaste lokomotive, a elektrificiraju se i gotovo sve stare pruge.

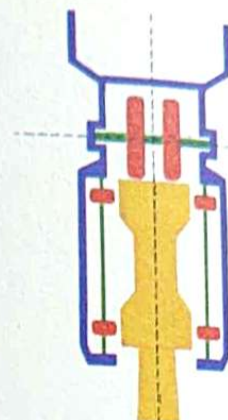
Na mješovitim prugama upotrebljavaju se obični vagoni, stoga oni na padinama leže koso, pa su podovi, stropovi i sjedala nagnuti. Na zupčastim prugama vagoni su sagrađeni stepeničasto tako da su podovi i sjedala u svakom kupeu vodoravni.



Gore: dvostrano nazubljena tračnica između dva vodoravna zupčanika. Dolje: zupčanik i nazubljena tračnica između uglovnica



Jedna od najstarijih visećih jednotračnih željeznica, koja vozi i sada, sagrađena je prije sedam desetljeća, između Barmena i Elberfelda u Wuppertalu, u Rurskoj oblasti (Savezna Republika Njemačka). Iako se mnogi izruguju kako ta željeznica, osobito na dijelu pruge iznad rijeke Wupper, tutnji, a dugi željezni stupovi škripe, ona je od 1901. do sada prevezla bez kvara oko 1,2 milijarde putnika



Jednotračni omnibus vozi na gumenim kotačima po armirano-betonskoj stazi na stupovima. Stabilnost pružaju vodoravni gumeni kotači koji se kotrljaju po betonskim bočnim stazama ispod glavne gornje plohe



Za vezu između grada i aerodroma najpogodniji su jednotračni vlakovi na betonskim stazama iznad kuća

JEDNOTRAČNE ŽELJEZNICE

Golema zakrčenost u središtima velikih gradova odavna je silila inženjere da pomišljaju na osobito prijevozno sredstvo koje bi prevozilo putnike povrh svih prepreka, preko ulica, rijeka, kanala, željezničkih, tramvajskih i trolejbusnih pruga pa i preko nižih zgrada i zidova na onim mjestima gdje nije bilo moguće sagraditi nikakvu drugu saobraćajnicu. *W. Palmer* je u Engleskoj predložio da se na takvim mjestima sagradi jednotračna željeznica na visokim stupovima; uskoro je sagradio kratku prugu i iskušavao je do 1835.

Otad je do 1920. podignuto nekoliko jednotračnih pruga na stupovima u Evropi i u Americi, ali se iz tog doba održala samo jednotračna željeznica s obješenim vagonima u *Wuppertalu* (Njemačka, Rurska oblast), sagrađena 1901. na čeličnim stupovima. Iako joj se mnogi danas izruguju da strašno tutnji i da ružni stupovi škripe, ta je pruga u 70 godina prevezla bez zastoja više od jedne milijarde putnika. Poslije 1920. jednotračne pruge se nisu gradile punih 25 godina.

Od 1945. podižu se dvije vrsti modernih jednotračnih pruga, *pruge s obješenim* i *pruge s poduprtim vagonima*. U Kölnu (Kelnu) u Njemačkoj, u parku Disney-Land (Dizni-lend) u SAD i u Buenos Airesu u Argentini podignute su jednotračne pruge s poduprtim vagonima, a u Tokyju u Japanu, Houstonu (Hustonu) u SAD i u Chateauneufu (Šatonefu) na rijeci Loiri u Francuskoj pruge s obješenim vagonima.

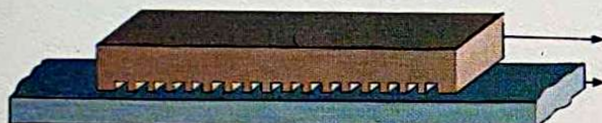
Najmoderniju prugu u Chateauneufu podigli su inženjeri francuske tvornice automobila *Renault* (*Reno*) kao reklamu zbog prodaje. Obogaćeni iskustvom pariškog Métroa koji ima vagone na gumenim kotačima, inženjeri su i na vagonima te pruge upotrijebili 8 uspravnih gumenih kotača, koji voze po dvjema širokim žljebovima i nose vagon, te 4 vodoravna gumena kotača što se odupiru sa strana o uspravne čelične žljebove. Tako jednotračna željeznica u Chateauneufu ima zapravo četiri široke tračnice, ali su sve one zatvorene u dugom čeličnom koritu koje je otvoreno

s donje strane, a stoji na visokim stupovima. Kroz donji otvor korita spuštaju se dva jaka čelična viska na kojima visi vagon dug 14 m, širok 3 m i visok 2,8 m. U vagonu su 32 mjesta za sjedenje i 91 mjesto za stajanje. Vagon s osovinama, motorima i gumenim kotačima teži 16 tona. Tjeraju ga četiri elektromotora od 100 KS brzinom od 110 km na sat.

U svijetu se iskušavaju i modeli lebdećih vlakova koji bi se kretali po betonskoj pruzi koritasta oblika. Na takvoj glatkoj pruzi vlak može lebdjeti niže nego na hrapavom tlu ili na valovitoj morskoj površini pa se troši i manje energije za lebđenje.

Sada se češće govori o vuči vlakova s linearnim električnim motorima. S takvim bi motorima otpala mehanička pretvorba kružnog kretanja motora u linearno gibanje vlaka. Tada bi korisnost bila veća. Linearni se motor dobiva, ako se obod i rotor mnogopolnog višefaznog stroja, npr. asinhronog motora, razvije u ravninu. Time se kružno kretanje rotora u odnosu na stator pretvara u linearno gibanje, a tzv. okretljivo magnetsko polje, koje se gibalo duž oboda statora sinhronom brzinom, napreduje linearno uzduž razvijenog namotaja. Umjesto beskonačno dugog razvijenog oboda statora (primara), dovoljno je uzeti samo duljinu od nekoliko polnih koraka, a umjesto rotora (sekundara) ravnu metalnu pločastu traku. Ako se traka umetne npr. duž sredine kolosijeka, a primar s polnim namotajima namjesti na vozilo, dobiva se, pri zamjeni uloga »statora« i »rotora« električna vuča s linearnim motorom. Prednost je što adhezija između pogonskih kotača i tračnica tada više nije značajna; postizava se veće ubrzanje i bolje svladavanje uspona. Ali, za ostvarenje te ideje treba ukloniti još mnogo poteškoća u vezi s postavljanjem kolosiječne trake i dr.





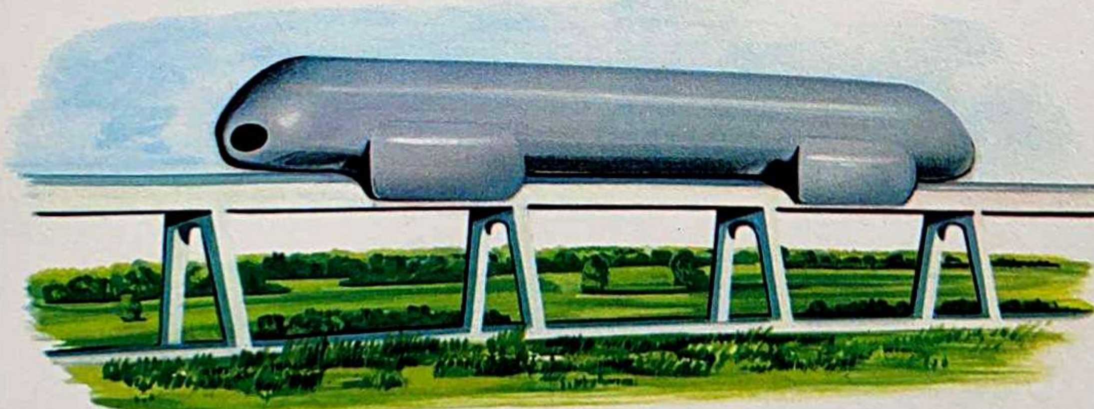


Lijevo: shema mnogopolnog višefaznog elektromotora. Gore: isti motor razvijen u ravninu; primar klizi linearno iznad sekundara



Gore: željeznica pod stazom na stupovima u zoološkom vrtu u Tokyju

Desno: vagon gradske viseće željeznice u Houstonu (Texas), u Sjedinjenim Američkim Državama, prevozi 60 putnika brzinom od 80 km/sat



Drustvo koje gradi pomorske lebdjelice »Hovercraft« izgradilo je kod Londona jednotračnu prugu za pokusni vlak na zračnom jastuku

ŽIČNE ŽELJEZNICE

Žične željeznice zovu se tako zato jer vagoni vise na žicama. Grade se na vrlo strmu tlu, preko gudura i dolina, klanaca i klisura. Nema zapreka koje se ne mogu prebrditi, pogotovu sada kad se materijal za gradnju potpornih stupova i užeta može prenositi helikopterima.



Gore: izmjenična žična željeznica L'Aiguille du Midi (L'Egij di Midi: Južna igla) u Francuskoj: 1. stup s nosivim rogljem, 2. ležajna papuča, 3. nosivo uže, 4. vučno uže, 5. postolje s kotačićima, 6. sigurnosno kvačilo, 7. vješala, 8. kabina

Lijevo: usmjerena žičara s više ograđenih sjedalica (sjedežnica)

Žične željeznice nazivaju se kraćim nazivom žičare. Razlikuju se izmjenične i usmjerene žičare. Izmjenične žičare ovdje nazivamo *žične željeznice*. One imaju na užetu samo dvije velike kabine, jednu s lijeve, a drugu s desne strane stupova. Kad se desna kabina diže, lijeva se na drugoj strani spušta. Na idućoj vožnji, desna se kabina spušta, a lijeva diže. Vučno uže izmjenično se za jedne vožnje okreće udesno, a za iduće vožnje ulijevo.

Žičare imaju mnogo kabinica ili klupica. One se uvijek na istoj strani dižu, a na drugoj strani spuštaju. Uže se neprekidno okreće u istom smjeru, a putnici se dižu uvijek na istoj strani.

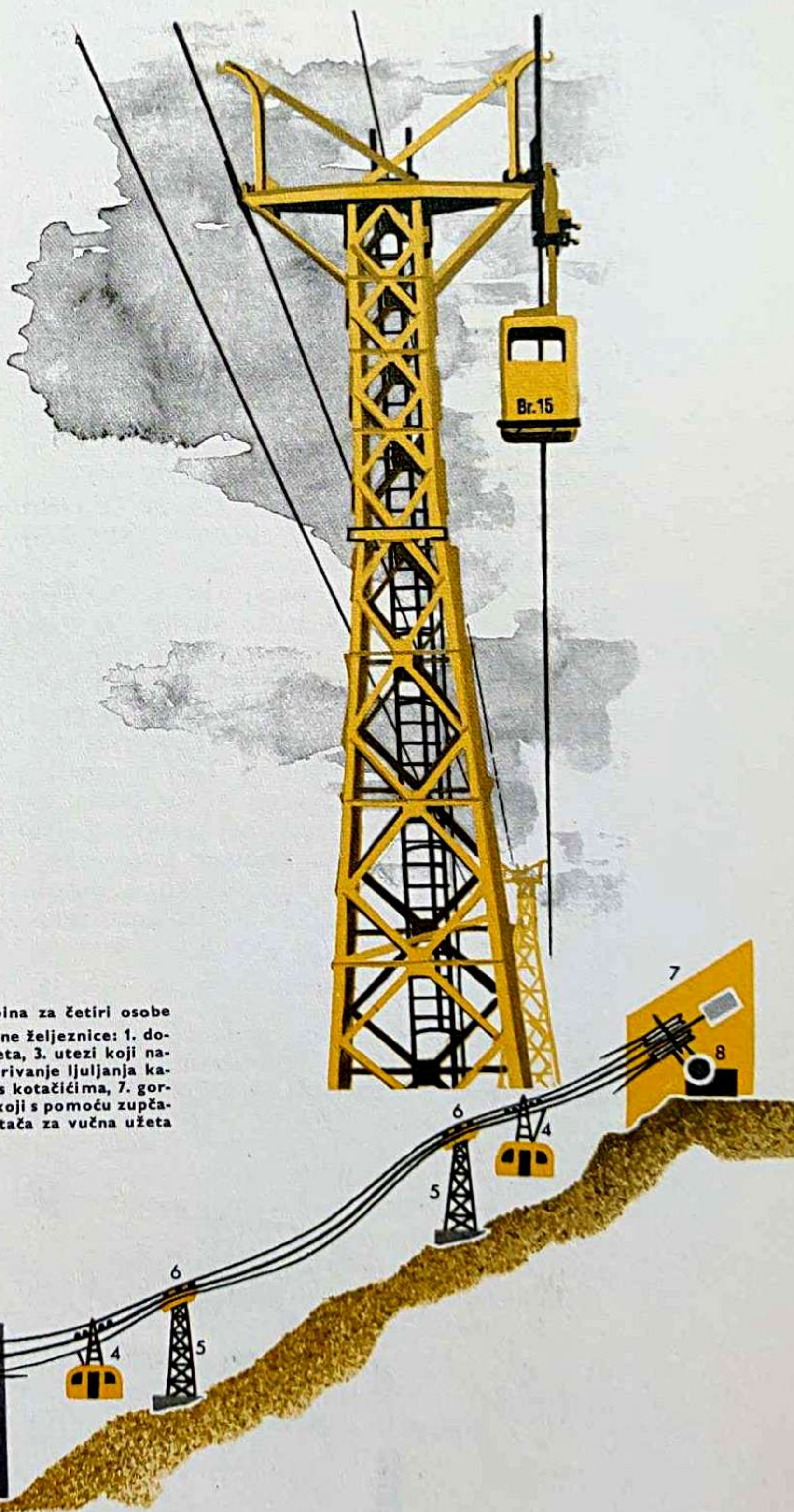
Za žičnu željeznicu razapeta su između gornje i donje postaje dva debela i jaka užeta spletena od mnogo čeličnih žica. Oba su užeta na gornjoj postaji vrlo čvrsto usidrena u golem betonski blok, a na donjoj postaji prolaze preko dva koluta i opterećena su teškim utezima. Tako razapeta užeta jednako su napeta unatoč različitoj temperaturi i opterećenju kabina. Na svima mjestima gdje je to nužno užeta su poduprta čeličnim rešetkastim stupovima da ne dodiruju tlo. Jedno se *nosivo uže* razapinje preko jedne, a drugo preko druge strane stupova. Oba su nepomična jer služe samo umjesto tračnice. Po jednom se užetu diže samo jedna kabina uzbrdo, a po drugom se druga spušta nizbrdo.

Ispod debeloga nosivog užeta razapeto je tanje, po prilici dvaput duže, *glavno vučno uže*. Ono nema kraja i pomiče se kad je željeznica u pogonu jer ga tjera velik pogonski bubanj u gornjoj postaji. Vučno uže u gornjoj postaji teče jednim smjerom kad se diže desna a spušta lijeva kabina, a protivnim smjerom ide kad se spušta desna a diže lijeva kabina.

Iznad debeloga nosivog užeta razapeto je drugo, *pomoćno vučno uže* koje je isto tako pomično, posve je jednako provučeno i razapeto pa teče čas jednim čas drugim smjerom, kako se kabine dižu i spuštaju, ali se upotrebljava samo u slučaju potrebe. U redovitom pogonu ono miruje. Jedna strana pomoćnog vučnog užeta teče po desnoj strani stupova, a druga strana po lijevoj.

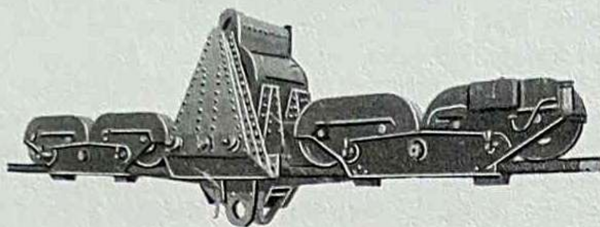
Kabina visi na čeličnim rašljama ispod *mačke*. Tako se zove sprava sa osam užlijebljenih kotačića koji voze po nosivom užetu. U sredini mačke je jaka automatska kočnica, a na donjem njezinu dijelu automatska *kopča*. Ona čvrsto zahvaća vučno uže koje vuče kabinu.

Žična željeznica ima samo dvije kabine. Jedna je kabina u kućici gornje postaje, a druga u donjoj. Jedna i druga kabina leže na jakoj čeličnoj tračnici koja je na gornjoj strani jednako široka i zaobljena kao nosivo uže. Vučna užeta miruju. Putnici u gornjoj i u donjoj postaji ulaze u kabine. Kad se one napune, čuvari zatvore vrata i ukopčaju signalna svjetla, a to je znak da su obje kabine spremne za polazak. Motorovođa u gornjoj postaji uputi tada elektromotor i ukopča bubanj koji pokreće glavno vučno uže. Ono povuče kabinu s jedne strane uzbrdo, a s druge strane drugu kabinu nizbrdo. Kabine se mimoilaze na pola puta. Kad se donja kabina približi gornjoj postaji, motorovođa smanji brzinu motovila koje vuče uže, a kad kabina dođe uz peron, zaustavlja motovilo a s njim i uže.



Desno: usmjerena žičara s više zatvorenih kabina za četiri osobe

Dolje: shematski pregled uređaja izmjenične žične željeznice: 1. donja postaja, 2. dva utega koji napinju nosiva užeta, 3. utezi koji napinju vučna užeta, 4. kabine s polugama za smirivanje ljuljanja kabina, 5. stupovi nosači, 6. postolja nosivih užeta s kotačićima, 7. gornja pogonska postaja, 8. pogonski elektromotor koji s pomoću zupčanika okreće kose osovine glavnih pogonskih kotača za vučna užeta



Žljebnjak usmjerene žičare na nosivo-vučnom užetu

Ako iznenada naiđu oblaci ili se spusti gusta magla, a to se u planinama često događa, plašljivi putnici strahuju hoće li motorovođa u gornjoj postaji opaziti kabinu, hoće li na vrijeme smanjiti brzinu i zaustaviti vučna užeta. Međutim, motorovođa ima u postaji brojilo, koje mu u svakom trenutku pokazuje koliko je užeta odmotano, i gdje se kabine nalaze.

Da kabina bude mirnija i da se ne ljulja od vjetra ili od slučajnih trzaja i mahova, ona je pričvršćena za vučno uže motkom koja ublažuje njihanje.

Putnici slabih živaca na prvom putovanju gotovo ne uživaju u lijepim vidicima jer neprekidno strepe hoće li se prekinuti uže. Međutim, kad bi i puknulo tanko vučno uže, ne bi se dogodilo ništa osobito. Kabina bi se zaustavila jer bi automatska kočnica u sredini mačke jakim i čvrstim pandžama stisla nosivo uže. Za nekoliko minuta radnici bi ukopčali drugo, tj. pomoćno vučno uže i kabina bi krenula dalje.

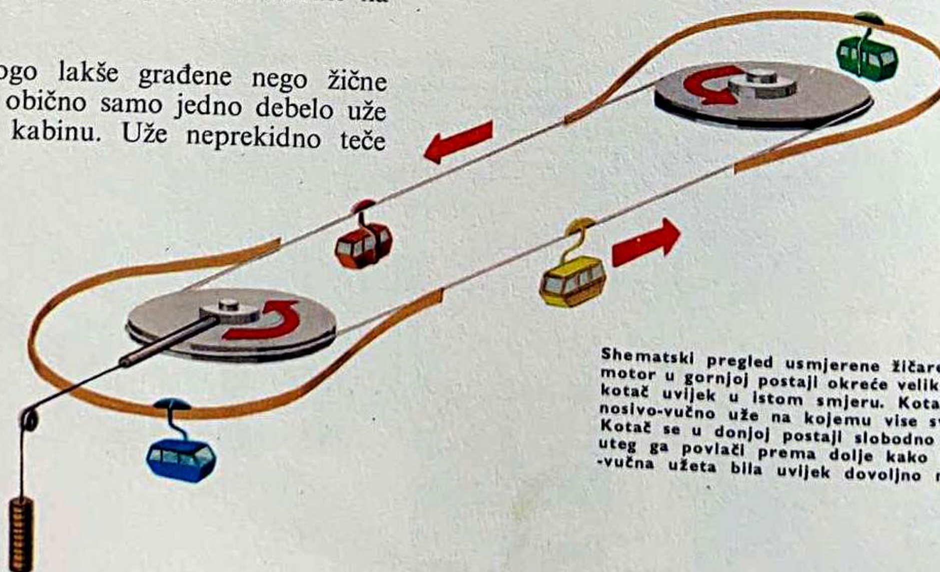
Nosivo uže ne može puknuti jer je ono vrlo debelo i često se pregledava. Ali ako bi ipak puklo, sigurnosni uređaj bi zaustavio pogon, i zaustavljena kabina visjela bi na glavnom vučnom užetu. Za nekoliko minuta zakvačilo bi se i pomoćno vučno uže, pa bi se kabina sa dva užeta polako dovukla u postaju. Kad bi zapela i oba vučna užeta zbog nekoga teškog kvara, ni u tom slučaju ne bismo ostali bez pomoći. Svaka kabina ima u vrećicama smotane jake svilene ljestvice, koje su toliko duge koliko je dubok najdublji ponor ispod kabine. Treba samo spustiti ljestvice i po njima se spustiti iz kabine na zemlju.

Žičare su mnogo lakše građene nego žične željeznice i imaju obično samo jedno debelo uže koje nosi i vuče kabinu. Uže neprekidno teče jer ga goni pogonski bubanj. S jedne strane se spušta, prelazi oko velikog koluta na drugu stranu, sa druge strane se diže, ovija se tri do četiri puta oko pogonskog bubnja, opet se spušta itd. Kako se nosivo-vučno uže okreće uvijek u istom smjeru, kabine se uvijek na jednoj istoj strani dižu a na drugoj se strani spuštaju. Lake kabine sa 2—8 putnika (ili dvije otvorene klupice) ne vise na mačkama, nego na dugim žljebnjacima kao na nekim odozdo užlijebljenim smučkama koje duboko nalegnu na uže pa putuju zajedno s njim uzbrdo ili nizbrdo.

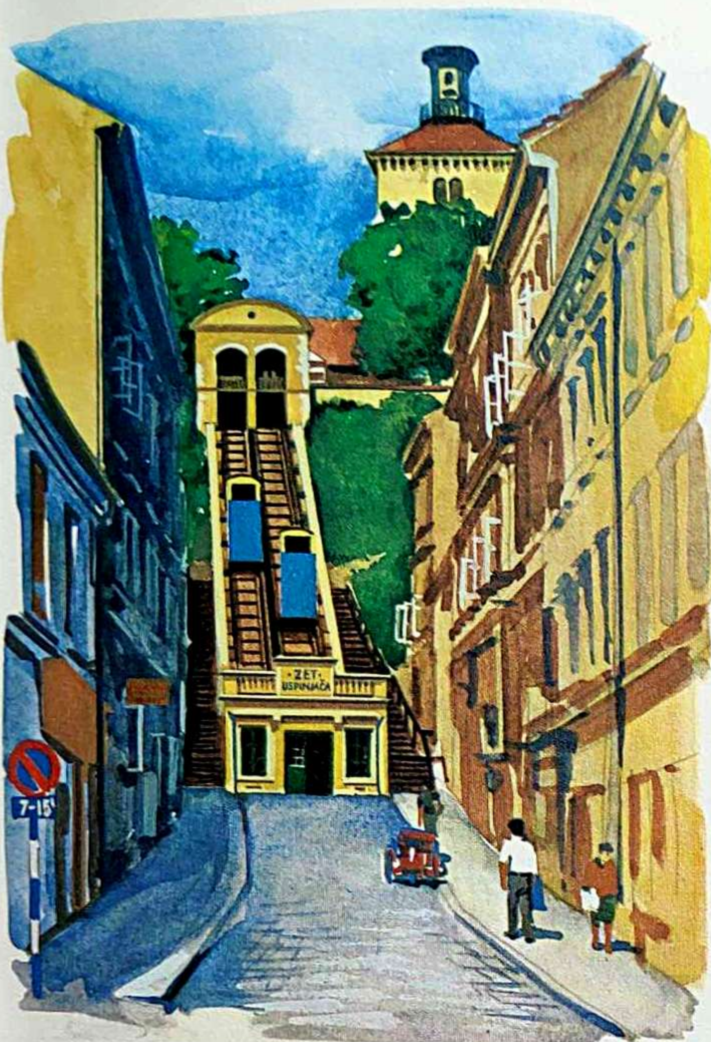
Kabine su pohranjene u spremištima. Redovito ih je pola u gornjoj, a pola u donjoj postaji. Kad žičara ne radi, kabine vise na čeličnoj tračnici koja na gornjoj glavi ima mnogo malih kotačića. Kotačići su jednako debeli kao uže.

Putnici ulaze na gornjoj i donjoj postaji. Kad se kabina napuni, ona se premješta po kotačićima tračnice sve dok žljebnjak ne sjedne na uže koje neprekidno teče. Ono povuče žljebnjak i ponese cijelu kabinu. Donja se kabina penje s jedne strane, a gornja se spušta s druge strane. Na potpornim stupovima uže prelazi preko 6—8 kotačića. Kabina zajedno s užetom na tom mjestu prelazi preko kotačića žljebnjakom, kao nekom smučkom.

Putnici, međutim, već ulaze u drugu kabinu, pa se i ona premjesti po tračnici na uže koje i nju povuče uzbrdo, odnosno nizbrdo. Tako se upućuju redom jedna kabina za drugom. Za neko vrijeme počinju na drugoj strani postaje pristizati kabine s prispjelim putnicima. Čim dođe do kraja užeta, kabina prijeđe na nepomičnu tračnicu s kotačićima i na njoj se zaustavi. Putnici izlaze, a kad se kabina isprazni, odvuče se rukama po polukružnoj tračnici na drugu stranu, gdje čekaju na ulazak novi putnici. Kad se napuni, kabina se gurne na pomično uže, pa i ona krene. Kad nema više putnika, i pošto su se sve kabine vratile u gornju i donju postaju pogon se zaustavlja, pa uže prestane teći.



Shematski pregled usmjerene žičare. Elektromotor u gornjoj postaji okreće veliki pogonski kotač uvijek u istom smjeru. Kotač pokreće nosivo-vučno uže na kojemu vise sve kabine. Kotač se u donjoj postaji slobodno okreće, a uteg ga povlači prema dolje kako bi nosivo-vučna užeta bila uvijek dovoljno napeta



Zagrebačka uspinjača sagrađena 1888. Vozi između Donjeg grada (visina 120 m) i Griča (visina 160 m)

USPINJAČE

Prve uspinjače gradili su Kinezi davno prije početka naše ere. Njima su dizali i čamce iz nižeg kanala u viši. Na strmim cestama gradile su se u Engleskoj uspinjače za dizanje kola na drvenim tračnicama, a tako su se na željeznim tračnicama dizala i kola koja su vukli konji.

Uspinjače su se s vremenom sve više usavršavale. Neke su na jednoj strani brežuljka dizale kola, a na drugoj strani spuštale. Poneke su na obje strane dizale i spuštale kola na dva kolosijeka. Nakon izuma parostroja nepokretni stroj je vukao kola uzbrdo jakim konopom koji je bio namotan na velikom pogonskom bubnju s kočnicama. Na drugom kraju odmatalo se drugo uže i spuštalo druga kolica. Bilo je uspinjača sa dva kolosijeka, kod kojih se gornji vagon punio vodom iz obližnjeg izvora sve dok nije postao teži od donjega. Teži vagon okretao je bubanj i dizao lakši vagon do vrha. Tada se zatvorila kočnica, iz donjeg se vagona ispuštala voda, a gornji vagon se opet punio. Tako se to neprekidno ponavljalo.

Uspinjače na parni pogon gradile su se još u početku parnih željeznica. Tako se 1848, kad se počela graditi željeznica preko Semmeringa, dugo vodila prepirka o tom smije li se graditi pruga s velikim strminama na kojima će kliziti kotači. Nije li razboritije sagraditi kose rampe po kojima bi se vagoni dizali uzbrdo parnim motovilima. Nakon dugih prepirki inženjer *F. Ghiga* (Giga) sagradio je ipak prvu brdsku prugu u Evropi i prebrdio Semmering sa 16 vijadukata, 15 tunela i mnogo galerija s usponom pruge do 25‰. Od tog doba napuštene su uspinjače na željezničkim prugama, pa se sada upotrebljavaju samo za kratke daljine gdje je nagib previše strm za zupčaste željeznice. Uspinjače mogu svladavati uspone i oko 100% (100 m na 100 m), tj. nagib pod kutom od 45°. Najviše ih ima u gradovima. Kod nas jedna vozi između Donjeg grada i Griča u Zagrebu.

Moderne uspinjače imaju električni pogon, pa su i mnoge stare uspinjače na parni pogon elektrificirane.

Uspinjača ima dva strma ali ravna kolosijeka. U gornjoj postaji je velik bubanj na kojemu su namotana u suprotnom smjeru dva jaka čelična užeta. Dok se lijevo uže namata i diže lijevu kabinu po lijevom kolosijeku, desno se odmata i spušta desnu kabinu po desnom kolosijeku. Kad dođu do kraja pruge, kabine se na idućoj vožnji kreću u obratnom smjeru.

Po kolosijecima se zapravo kreću trokutna podnožja sa 4 kotača, a na tim podnožjima su izgrađene kabine tako da je u njima pod vodoravan. Desno i lijevo od svakog kolosijeka protežu se dvije jake grede a svaka kabina vuče za sobom s donje strane još jedno »donje« uže. Sve su to sigurnosni uređaji. Dok je sve u redu, oba užeta, gornje i donje, napeta su pa drže u podnožju kabine uvučene dvije jake poluge kao na nekoj vagi. Ali ako pukne gornje uže, napetost obaju užeta popusti, vaga se iskrene, poluge se rašire, uklliješte se između greda i zadrže kabinu.

Prije vožnje putnici istodobno ulaze u gornju kabinu u gornjoj postaji i u donju kabinu u donjoj postaji. Pošto su svi ušli, zatvore se vrata, a čuvar dade znak električnom svjetiljkom i zvoncem da je donja kabina spremna za polazak. Tada motorovođa u gornjoj postaji uputi pogonski elektromotor i otvori kočnicu na bubnju. Obje kabine krenu istodobno i jednakom brzinom, jedna uzbrdo, a druga nizbrdo.

Uspinjače mogu prevesti u svakoj kabini 10 do 30 putnika; to zavisi o veličini i konstrukciji čitavog pogonskog uređaja i vagona.



Kolodvor Rollendorfplatz u Berlinu, na raskrsnici triju dvotračnih podzemnih pruga, gdje jedna pruga izlazi iz podzemlja na površinu

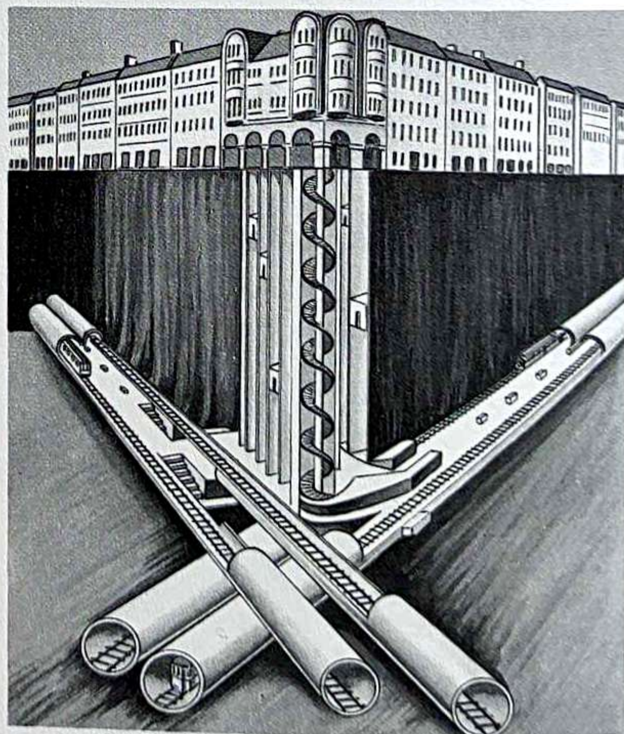
PODZEMNE ŽELJEZNICE

Podzemne željeznice grade se u velikim gradovima kada u prenaseljenim središtima glavne ulice postanu pretijesne za sva vozila koja su potrebna za prijevoz golemog mnoštva ljudi. Iako u velegradovima postoji gusta mreža tramvajskih, autobusnih i trolejbusnih pruga, ipak to nije dovoljno u satima najveće navale putnika. Tada u kratkom vremenu mogu prevesti sve putnike samo brzi električni vlakovi sa samostalnim podzemnim kolosijekom koji se ne ukrštava s drugim prometnim prugama i vozilima.

Tuneli podzemnih željeznica kroz koje prolaze pruge najskuplji su i najteži radovi. Oni se grade na više načina jer vrsta tunela zavisi o tlu i o prilikama u pojedinom gradu. U tom pogledu najzanimljivija je londonska podzemna željeznica. U Londonu se u dubini od 30 m nalazi tvrd sloj zemlje bez podzemne vode, pa su se ondje mogli najjeftinije prorovati tuneli kao što se kopaju rovovi u rudnicima. Na toj se dubini nisu morale sjeći cijevi vodovoda, plina, gradske kanalizacije i pneumatske pošte ni izbjegavati električni, telefonski i telegrafski kabeli, a ni temelji velikih zgrada.

U Londonu su tuneli obloženi čeličnim opločjem, stoga vlakovi voze relativno uskim čeličnim cijevima, a u svakoj je samo jedan kolosijek. Zato bokovi vagona nisu ravni, nego zaobljeni

Iz dubokih postaja podzemne željeznice putnici izlaze na ulicu dizalima i pomičnim stepenicama a uz to postoje i obične spiralne stube. Na pojedinim mjestima duž tunela grade se i uspravni bunari za ventilaciju, a također i pomoćne stepenice ili ljestve koje služe kao izlaz u slučaju opasnosti. Neki su takvi bunari opremljeni jakim sisaljkama koje izbacuju vodu što prodire u tunele.



U Londonu je u dubini od 30 m tvrd sloj zemlje, stoga su se ondje mogli najjeftinije prorovati tuneli opločeni čeličnim cijevima

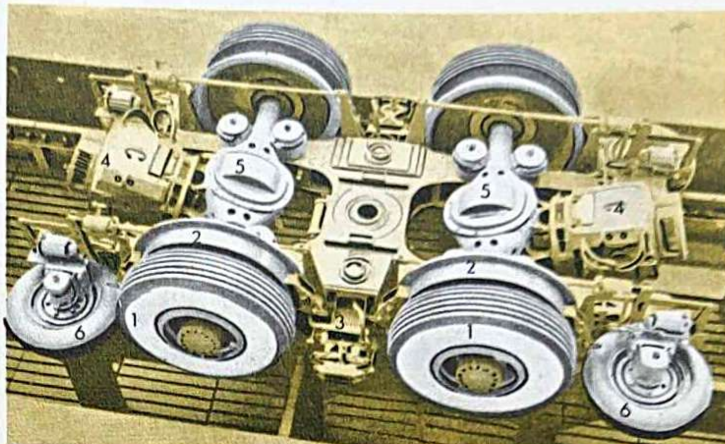
Vlakovi na gumenim kotačima. Promet u velikim gradovima i dalje se naglo povećava, pa uprave podzemnih željeznica traže nova poboljšanja. Da ubrza polazak iz postaja i dolazak u njih, pariška podzemna željeznica *Le chemin de fer métropolitain* (Šmen de fer metropoliten, ili skraćeno *Métro*) polaže uz čelične tračnice drvene, čelične ili betonske staze i visoke bočne grede, a vagonima uz obične željezničke kotače dodaje i jake autobusne gumene kotače. Svaki vagon ima 8 željezničkih i isto toliko autobusnih gumenih kotača. Osim toga ima 8 manjih automobilskih gumenih kotača koji su položeni vodoravno i odupiru se o bočne visoke drvene grede. Željeznički kotači redovito ne dodiruju tračnice nego samo onda ako pukne guma. Vodoravni gumeni kotači odupirući se o bočne grede drže vagone u svom kolosijeku.

Na modernim vagonima s gumenim kotačima pariškog Métroa svaka osovina ima svoj motor. Kako zbog velikog broja motora vlak ima jaku vučnu snagu, i kako se gumeni kotači bolje priljubljuju o stazu nego željeznički kotači o čelične tračnice, Métro pri izlasku iz postaje vrlo naglo dostizava punu brzinu, a pri dolasku u postaju brže se zaustavlja. Na gumama vozi mirno i tiho, pa je tako vožnja brža i udobnija.

Sastav vlakova i reguliranje prometa. Vlak je sastavljen od dva dijela koji se mogu brzo zakačiti ili otkačiti, pa se prema tome može rastaviti u dvije polovice tako da svaka polovica postane samostalan vlak. To se radi kasno u noći, kad je manja navala putnika. Tada saobraća jednak broj, ali za polovicu kraćih vlakova. Svaka je polovica vlaka sastavljena od tri duga vagona, a svaki vagon leži na dva dvoosovinska okretljiva postolja. Moderan vlak od 6 vagona težak je oko 110 t.

Svi se motorni vagoni upravljaju jednim kontrolerom iz prednje upravljačnice. Svaki vagon ima troja široka dvokrilna vrata koja se otvaraju pomicanjem u stranu komprimiranim zrakom iz kabine motorovođe. Vlak ne može krenuti iz postaje dok nisu zatvorena vrata na svim vagonima.

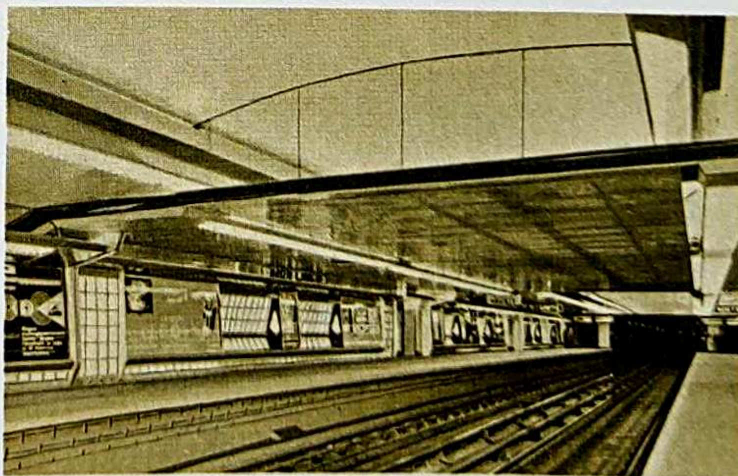
U mnogim podzemnim željeznicama nema konduktera. Na ulazu u postaju vozne karte izdaju automati, pa kad putnik uđe na peron, nitko ga ne zaustavlja zbog kontrole. Može se, dakle, voziti i čitav dan s jednom kartom, ali kad iziđe iz postaje na ulicu, ne može ponovno ući u podzemnu željeznicu bez nove vozne karte. Svi se ulazi na perone automatski zatvaraju kad prvi vagon dođe do početka perona. Prema tome, u vlak mogu ući samo oni putnici koji se već nalaze na peronu. Novi putnici mogu ući na peron tek onda kada taj vlak otiđe iz postaje jer se peronska vrata otvaraju tek kada posljednji vagon napusti kraj perona.



Dvoosovinsko okretljivo postolje pariškog Métroa: 1. gumeni nosivi kotači koji se kotrljaju po drvenom koritu, 2. čelični kotači koji se kotrljaju po tračnicama što služe samo kao vodilice, 3. odduzimač struje, dodiruje bočni vod, 4. pogonski elektromotori, 5. prenosnici, 6. bočni gumeni kotači koji se odupiru o bočne grede vodilice



Aluminijski vagon za kanadsku podzemnu željeznicu u Torontu, dug 20 m, širok 3,3 m, sa 62 sjedišta za putnike. Svaki je podzemni vlak sastavljen od 8 takvih vagona, a može se po potrebi rastaviti na dijelove od dva, četiri ili šest vagona. U svakom paru prvi vagon ima glavni pogonski elektromotor i kompresor za tlačenje zraka, a drugi vagon pomoćni elektromotor.



Podzemna postaja Franklin Roosevelt pariškog Métroa zacijelo je jedna od najmodernijih u Evropi. Raskošno osvijetljena i ukrašena blistavim mramorom. Neprekidno se prozračuje mirisavim zrakom. Ima automatska peronska vrata, koja se zatvaraju kad se vlak zaustavi na peronu, da putnici ne mogu u posljednjem trenutku ulaziti na peron i uskakivati u vlak

Signalizacija. U podzemnoj željeznici dvostrukog kolosijeka vozi velikom brzinom jedan vlak za drugim na razmaku od oko jedne i pol minute. Kad je najveća navala putnika, taj se razmak može još skratiti. Stoga je neobično važan automatski signalni uređaj kojim se svaki vlak zaštićuje da na nj ne naleti vlak koji vozi iza njega. Pruga je podijeljena na odsjeke koji su toliko dugi koliko vlak redovitom brzinom prevali u pola minute (oko 500 m). Signali se daju crvenim i zelenim električnim svjetiljkama. Uređeni su tako da vlak, kad uđe u jedan odsjek, zatvori iza sebe svojim kotačima signalni krug crvene svjetiljke. Crvena svjetiljka gori na početku odsjeka u kojemu se nalazi vlak, pa se on može zaustaviti na postaji i stajati ondje duže vremena bez opasnosti jer idući vlak iza njega ne smije prijeći crvenu svjetiljku i ući u njegov odsjek. Kad prednji vlak iziđe iz tog odsjeka, kotači posljednjeg vagona ugase crvenu i upale zelenu svjetiljku, pa idući vlak može proslijediti put.

Neke velike postaje, gdje redovito ulazi i izlazi mnogo putnika pa se vlakovi ondje duže vremena zadržavaju, imaju posebnu signalizaciju. Kada se prednji vlak udalji od postaje oko 50 m, ugasi se crvena i upali žuta svjetlost na početku od-



sjeka iza vlaka. To je idućem vlaku znak da može ući u postaju oprezno smanjenom brzinom.

Vlakovi voze jednim kolosijekom u jednom a drugim kolosijekom u drugom smjeru i ne mogu nikakvim skretnicama prijeći s jednog kolosijeka na drugi, već samo kružnom petljom na jednom i na drugom kraju pruge. Prema tome, vlakovi neprekidno kruže, a iz jedne kontrolne centrale može se na signalnoj ploči vidjeti u svakom trenutku u kojem se odsjeku nalazi svaki vlak. Iz kontrolne centrale mogu se motorovođama predavati zapovijedi da ubrzaju ili uspore vožnju kako bi se vlakovi održavali na podjednakim razmacima duž pruge. Zapovijedi se predaju u svim odsjecima posebnim signalima.

Najveće podzemne željeznice. Najveća je podzemna željeznica u New Yorku koja ima 29 pruga, 380 km kolosijeka, 482 postaje i u godinu dana preveze 1 330 000 000 putnika. U Londonu podzemna željeznica ima 7 pruga i preveze godišnje 669 000 000 putnika. Pariški Métro ima 14 pruga i godišnje preveze 1 150 000 000 putnika.

U svijetu ima podzemnih željeznica u 40 gradova, a u gradnji ih je u još 11. Najnovija je podzemna željeznica u Münchenu (SR Njemačka), koja je dovršena potkraj 1971. za olimpijske igre.



Veliko raskrižje Métroa ispod trga Place de la Concorde u Parizu



Prvi električni tramvaj, zapravo mali električni vlak s pogonskom energijom iz električnih akumulatora, izradili su Siemens i Halske i upotrijebili ga za prijevoz posjetilaca koji su razgledali međ. industrijsku izložbu u Berlinu 1879.

TRAMVAJI

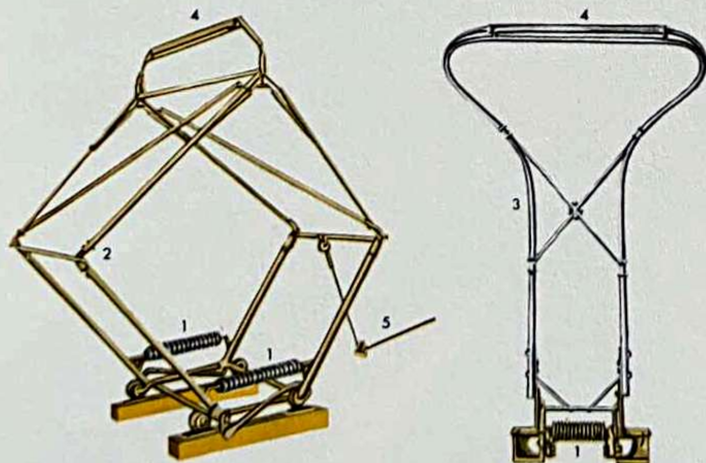
Tramvaj je prijevozno sredstvo na električni pogon. Kreće se gradskim ulicama po kolosijeku poput željeznice. Ponegdje izvan grada može imati i svoju posebnu prugu na nasipu ili usjeku. Tramvajski vlak sastoji se najčešće od motornih kola i jedne ili najviše dvije prikolice. Ima tramvaja kojima je prikolica dograđena iza motornih kola kao da su jedna cjelina. Da bi se takva duga kola mogla okretati oko oštrih uglova u gradu, sredina je izrađena elastično i doimlje se kao harmonika.

Prva tramvajska pruga sagrađena je 1850. u New Yorku. Po njoj su vozila kola bez prikolica, a vukli su ih konji. Uskoro su konjski tramvaji uvedeni i drugdje, a 1891. i u Zagrebu. Kola je vukao samo jedan konj, koji je po kolosijeku mogao tegliti šest puta teža kola nego po cesti. Kad su kola stigla do kraja pruge, kočijaš je ispregao konja i zapregao ga na drugoj strani, prešao je na drugu platformu, i kola su krenula istom prugom natrag. Mimoilazila su se samo na onim postajama gdje su bila dva kolosijeka. Na prednjoj i na stražnjoj platformi nalazilo se samo jedno ručno kolo kojim se pritezala kočnica. Da upozori neoprezne pješake na opasnost, kočijaš je imao pri ruci zvono, koje je zvonilo kad se povukao remen klepca. Konjima, koji su mnogo godina vukli tramvajska kola, gotovo se nije moralo ni upravljati. Polazili su na poklik, jednako su se i zaustavljali i hodali su sredinom između tračnica. Konjski tramvaji kretali su se brzinom od 8 km na sat, a navečer u štalu i brže.

Po nekim strmim prugama konj je vukao tramvajska kola uzbrdo polaganim korakom. Na krajnjoj gornjoj stanici zaustavio se i čekao da ga kočijaš ispregne. Ispregnut konj popeo se na stražnju platformu i vozio se nizbrdo.

Prvi električni tramvaj uveo je *Werner Siemens* (Simens) 1879. na Obrtnoj izložbi u Berlinu. Pruga u obliku elipse bila je duga 600 m. Pet otvorenih kolica s uzdužnim klupama vukla je mala električna lokomotiva od 3 KS. Ta novost smatrala se tada samo kao izložbena zabava. Tek 1881. sagrađena je prva elektrificirana tramvajska pruga s jednim kolosijekom između kolodvora i predgrađa u Berlinu. Jedna je tračnica bila upotrijebljena za dovod, a druga za odvod električne struje.

Prva tramvajska pruga s kontaktnim zračnim vodom prikazana je na pariškoj svjetskoj izložbi 1881. Vod se sastojao od tvrdih brončanih cijevi koje su sa donje strane bile izrezane, a izrezom se povlačio čelični štap. U Beču je 1883. sagrađena u Prateru pruga sa dva kontaktna zračna voda po kojima su se kotrljala dva mala kolotura. Jedna je žica služila za dovod, a druga za odvod struje. Električni tramvaj nije još uvijek imao većeg uspjeha. Tek poslije 1885, kad je u Americi *V. Depoelo* izumio štapni oduzimač (trolu) s kotačićem, tramvaji su se naglo elektrificirali u svijetu. Otad žica iznad pruge služi kao gornji vod, a tračnice kao donji vod.



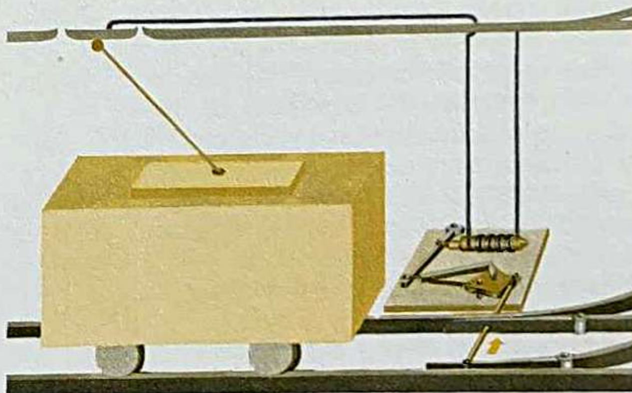
Oduzimala struje (trole) na tramvaju. Lijevo pantograf, desno lira: 1. tlačne opruge, 2. zglobovi, 3. krakovi lire, 4. klizala, 5. uvlačno uže

Tramvaiska kola sastoje se od čeličnog ili aluminijskog sanduka i jakoga čeličnog okvira koji počiva na dva dvoosovinska okretljiva postolja s ukupno osam kotača. Konjski i stari tramvaji imali su samo 4 kotača nataknuta na dvije čvrste osovine, a to je bilo vrlo nepogodno pri vožnji na oštrim zavojima jer se kotači nisu prilagođivali krivinama tračnica. Stoga su takva kola morala biti kratka, odnosno ako su bila duža, osovine su bile smještene blizu sredine pa su krajevi kola visjeli daleko ispred i iza osovine. Kola na četiri kotača voze nemirno, na okukama zviždе i cvile, a na njih se ne mogu smjestiti ni dovoljno jaki motori. Moderna i udobna duga kola građena su kao vagoni brzih vlakova sa osam kotača. Prednja 4 su daleko naprijed, a stražnja 4 daleko iza sredine. Po četiri kotača sastavljena su u dvoosovinskom okretljivom postolju, koje se okreće prema zavoju pruge. Kola mirno voze i manje bacaju putnike na zavojima, a kotači ne cvile. Na takvu postolju leži vagon od čelika i aluminija sa staklenim prozorima.

Električna struja iz bakrenog kontaktnog voda, koji je razapet duž sredine kolosijeka visoko iznad zemlje, dovodi se u motorna kola kroz oduzimalo struje. Oduzimalo ima oblik štapa (trole), lire, zgloba ili pantografa. Jaka opruga na krovu kola svojom snagom podiže oduzimalo tako da neprekidno dodiruje kontaktni vod. Štapno oduzimalo (trola) ima na vrhu kotačić koji se okreće i kotrlja ispod kontaktnog voda. Njegov je nedostatak da lako isklizne s voda, osobito na zavojima i raskrsnicama, i da iskri pa stvara jake radio-smetnje. Bolja je klizna lira, koja na gornjem kraju ima klizaljku od aluminija, bakra, bakrenih legura ili ugljena. Neki tramvaji imaju umjesto lire pantograf kakav se upotrebljava i na električnim lokomotivama.

Na krovu kola nalaze se otpornici koji štite motor da ne pregori od punog napona struje. Otpornici se sastoje od veoma mnogo spiralnih nikelinskih ili krom-niklenih spiralnih žica. Kad tramvaj kreće s mjesta, kontrolerom se ukopčavaju svi otpornici tako da se elektromotori upute slabom strujom. Kasnije, kad se tramvaj kreće, *kontrolerom* se smanjuje otpor i tako propušta postepeno sve jaču struju, pa se i elektromotori sve brže okreću.

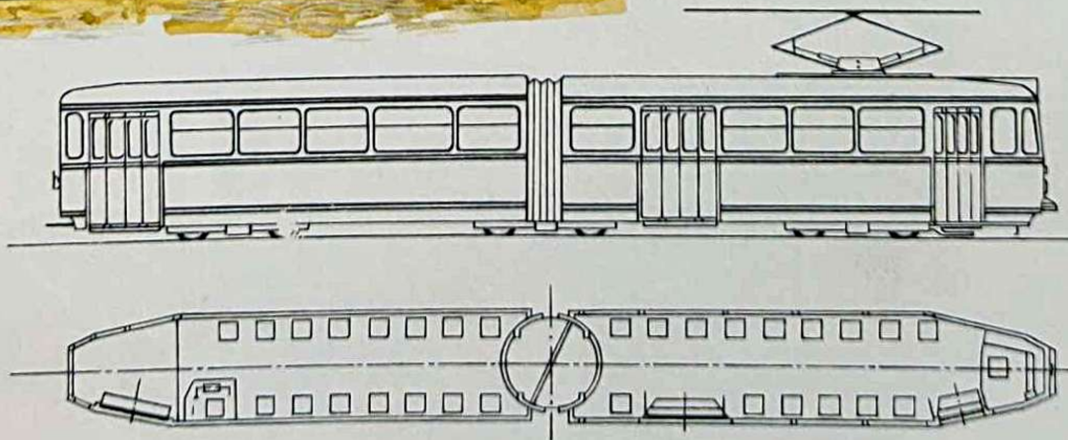
Kontroler je najvažnija sprava na vozarskom mjestu. To je ormarić koji na gornjoj strani ima vozarsku ručku i preklopnu polužicu. Kontrolerom vozar upućuje elektromotor i tramvaj polagano, brže, punom brzinom, naprijed i natrag. Kontrolerom se uklapa i električna kočnica. To je zapravo električni uputnik s vrlo mnogo kontakta koji su raspoređeni na tri vertikalna valjka.



Gore: elektromagnetski uređaj za prebacivanje skretnice iz vozačke kabine, strujom kroz kontroler



Lijevo: vučna kola iz 1880. gradske parne željeznice između trga Nollendorfa i Grunewalda (Berlin)



Zglobna kola električnog tramvaja spojena su od dva dijela koja su elastično sastavljena s pomoću okrugle ploče i gibljivih stijena, poput harmonike. Okretljiva ploča dopušta da se prednja kola na zavojima zakreću u odnosu na stražnji dio. Spoj prednjeg i stražnjeg dijela mora biti gladak, siguran i ograđen da se pri zakretanju putnici ne ozlijede

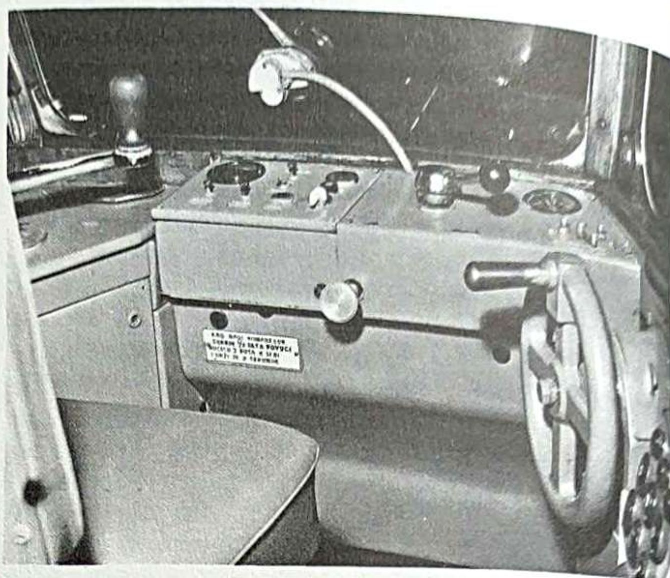
Glavni se valjak okreće vozarskom ručkom na lijevoj strani vozareve ploče. Kad se ručka okreće iz srednjeg položaja (nule) nadesno, tramvaj krene i vozi sve brže naprijed. Ako se ručka vrati natrag u početni položaj, kola voze zaletom bez rada motora, ali ako se ručka odatle okreće nalijevo, tramvaj se koči sve jače, i brzina kola se smanjuje.

Drugi se valjak može okrenuti u dva položaja preklopnom polužicom koja je obično desno od vozarske ručke. Kad je polužica potisnuta prema naprijed, tramvaj vozi naprijed, a kad je povučena prema natrag, tramvaj vozi natraške. Treći, pomoćni valjak služi za električno kočenje, a okreće se onda kad se vozarska ručka pomiče ulijevo.

Kočnice. Saobraćajni propisi zahtijevaju da svako vozilo mora imati dvije međusobno nezavisne kočnice. Moderni tramvaji imaju četiri kočnice. *Zračna kočnica* radi stlačenim (komprimiranim) zrakom iz rezervoara koji se nalazi ispod motornih kola. Buku, koja se čuje ispod tramvajskih motornih kola kad sve miruje i tramvaj stoji na mjestu, stvara električni kompresor koji sabija zrak u čelični rezervoar. Kako vozar pomiče polužicu ventila zračne kočnice, tako se i ventil sve više otvara, propušta iz rezervoara sve više zraka, koji potiskuje papuče kočnica i sve jače koči. Druga je *elektromotorna kočnica*. Ona ne djeluje na kotače, nego uklapanjem sve većeg električnog otpora u otpornicima na krovu sve više otešćava okretanje rotora u elektromotoru. Kad se tramvaj spušta nizbrdo, vozar okrene vozarsku ručku na kontroleru od nule nalijevo do prvog kontakta. Elektromotor se pretvara u dinamo i lagano koči. Ako vozar okrene ručku nalijevo za još jedan kontakt, ukopčava se veći otpor, generator se još teže okreće, pa još jače koči. Tako se okretanjem ručke kontrolera nalijevo ukopčava sve više otpora, elektromotor se sve sporije okreće, i kola se sve više koče dok se ne zaustave. Pri kočenju tramvaj ne troši, nego proizvodi struju.

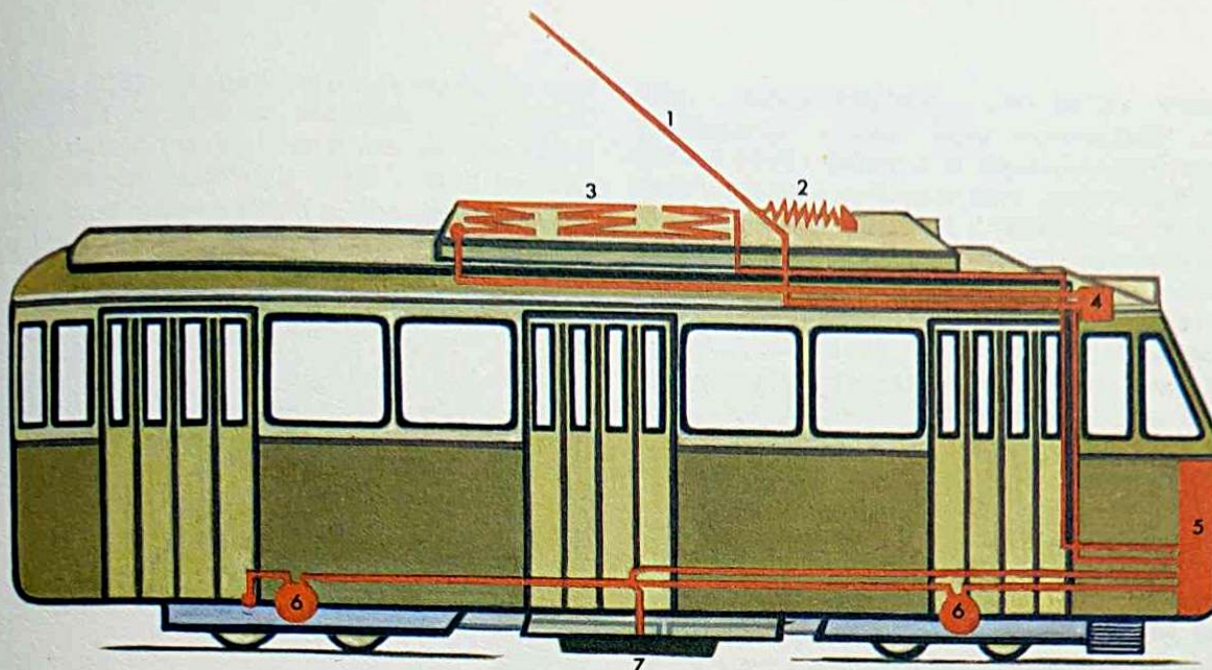
Treća je *ručna kočnica*. Okretanjem ručnog kola vozar priteže papuče kočnica uz kotače i koči okretanje. Četvrta, *elektromagnetska kočnica* pritišće na tračnice. To su dvije oko metar duge debele čelične trake koje vise vodoravno na oprugama u jakom čeličnom okviru nekoliko milimetara iznad tračnica. S gornje strane traka ima električne zavojnice kao elektromagnet. Kad vozar utisne polužicu elektromagnetske kočnice, čelična traka postane magnetična, pa se privuče na tračnicu kao da se za nju zalijepila. Tramvaj se vrlo naglo zaustavi. Ta se kočnica upotrebljava samo u slučaju opasnosti, kad treba kola što brže zaustaviti.

Na vozarskoj ploči ima još mnogo poluga, dugmeta, prekidača i sprava. Tu je polužica kojom se ukopčavaju brisači stakla, poluga za sipanje pijeska iz spremišta na tračnice da se spriječi klizanje kotača, tu je i dugme za zračnu zviždaljku. Na starim tramvajima je na podu pedal za signalno zvonce, koje zvoni kad se o pedal udari nogom.


Upravljačka ploča motorvođe tramvaja; lijevo ručka kontrolera



U Zagrebu se 1890. počeo graditi »konjski tramvaj«, koji je 5. IX 1891, nakon 17 mjeseci gradnje, svečano pušten u promet. Zagrepčani su sumnjali u uspjeh tog prometnog sredstva, ali je ono u prvoj godini prevezlo već 1 009 403 putnika i ubralo vozarinu od 77 800 forinti. Tramvaj je imao 17 zatvorenih i 15 otvorenih kola, koje je teglilo 70 konja. God. 1910. tramvaj je elektrificiralo jedno mađarsko društvo, ali ga je 1916. otkupila Gradska štedionica i 1945. darovala gradskoj upravi

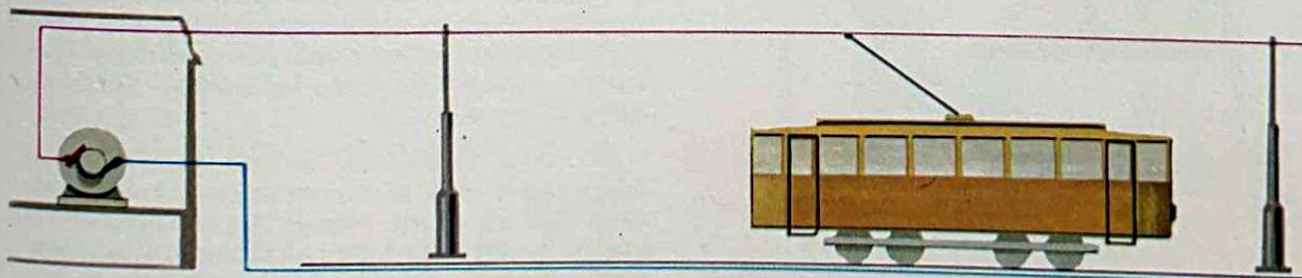


Pojednostavljena shema električne instalacije u tramvajskim kolima: 1. trola, 2. opruga, koja potiskuje trolu prema gore, tj. prema zračnom vodu, 3. otpornici, 4. glavni osigurač, 5. kontroler (upravljalo), 6. pogonski elektromotori, 7. elektromagnetske kočnice (priljube se uz tračnice)

Na vozarskom mjestu je polužica kojom se pali velika svjetiljka što osvjetljava kolosijek, polužica kojom se ukopčavaju i iskopčavaju desne i lijeve svjetiljke (žmigavci), što upozoravaju da tramvaj skreće desno ili lijevo. Tu su električni prekidači za rasvjetu i za električno grijanje kola, poluga za spuštanje zaštitne košare, kojom se ispred prednjih kotača spusti vodoravna poprečna rešetka što zadrži čovjeka, ako bi ga tramvaj oborio na zemlju. Tu je i poluga za otvaranje i zatvaranje vrata s pomoću stlačena zraka. Na vozarskoj ploči nalazi se ponegdje sat za održavanje točnog voznog reda, manometar za stlačeni zrak u rezervoaru i u cjevovodu kočnica, ampermetar za kontrolu jakosti struje i dr.

Za pogon tramvajskih elektromotora upotrebljava se istosmjerna struja. Elektromotori istosmjerne struje imaju jaku vučnu snagu i kad se polagano okreću, a lako se prilagođuju i vožnji uzbrdo. Moderna duga kola imaju dva motora. Jedan je u prednjem, a drugi u stražnjem dvoosovinskom okretljivom postolju. Rotor elektromotora ima zupčanik koji stalno zahvaća u dva zupčanika na pogonskim osovinama kotača. Kad se okreće rotor elektromotora, okreću se i kotači. Na rotoru je sa strane ventilator, koji hladi okućje motora.

Dovod električne struje. Za pogon tramvaja upotrebljava se istosmjerna struja srednjeg napona od 500 do 600 volta. Struja se dovodi zračnim kontaktnim vodom, a odvodi tračnicama. Najjednostavnije bi bilo kad bi se struja dovodila s pozitivnog pola dinama u elektrani kroz kontaktni vod i trolu u tramvajska kola i kroz tračnice natrag u elektranu na negativni pol dinama. Ali takav se tok ne može provesti. Elektrane su daleko, pa se proizvedena izmjenična struja u elektrani transformira i dovodi do grada visokonaponskim dalekovodom. Prije ulaska u grad struja se ponovno transformira u transformatoru na oko 3000 volta i razvodi na nekoliko mjesta po gradu u tzv. izmjenjivačke postaje. U njima se izmjenična struja visokog napona od 3000 volta, koja je pogodna za prenošenje po gradu, transformira u izmjeničnu struju napona od 550 volta, a zatim se živinim ispravljačima pretvara u istosmjernu stru-



Tramvajski zračni vod spojen je s jednim polom generatora električne struje. Drugi je pol generatora spojen s tramvajskim tračnicama. Električni je krug zatvoren kroz tramvajsku trolu, kontroler, pogonske elektromotore i kotače

ju istog napona koja je pogodna za pogon tramvaja. Međutim, ni takav način nije pogodan za tramvajsku mrežu jer bi u slučaju da se prekine žica kontaktnog voda stala sva kola iza mjesta gdje je nastao prekid. Osim toga, onda bi kola, koja su bliža izmjenjivačkoj postaji, trošila toliko struje da za ostala udaljenija kola ne bi ostalo dovoljno. Stoga se električna struja za tramvaje razvodi na drugi način.

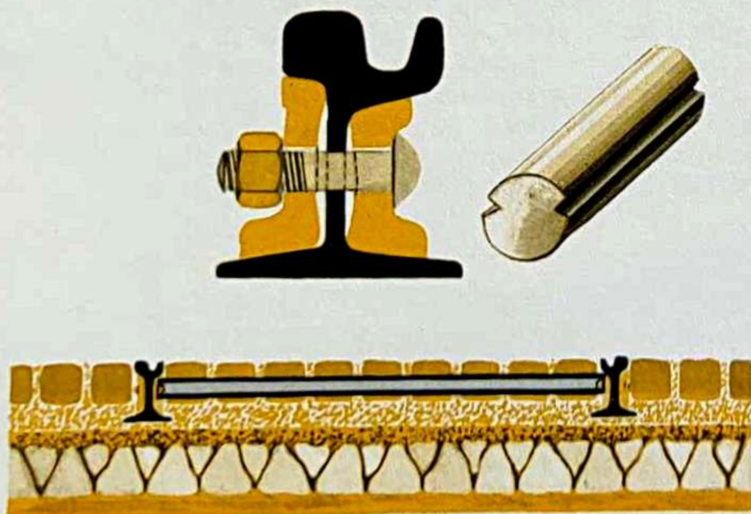
Iz živina ispravljača u izmjenjivačkoj postaji struja se ne odvodi izravno u kontaktni vod, nego u razvodnu sklopku, a iz nje se dalje vodi naponskim kabelima duž pruge i napaja kontaktni vod na više mjesta na razmacima od oko pola kilometra. Ako se prekine kontaktni vod, zaustavljaju se samo kola pod onim dijelom voda gdje je nastao prekid, a kola pod ostalim odsjecima i dalje nesmetano saobraćaju. Osim toga, tako napajan kontaktni vod može biti tajni, lakši i jeftiniji, a dovoljno struje dobivaju i ona kola koja su daleko od izmjenjivačke postaje. Pojedini odsjeci imaju i posebne prekidače tako da se mogu isključiti kad ih treba popraviti, pa i onda ako vod pukne, padne na tračnice i stvori kratki spoj.

Tramvajska pruga vodi gradskim ulicama; stoga tračnice imaju osobit oblik sa žlijebom. Ukopane su u zemlju i obložene kamenim kockama. Ukopane tračnice manje se griju i hlade, pri promjenama temperature manje se rastežu i stežu, pa se mogu međusobno i zavariti bez razmaka. Lijeve i desne tračnice međusobno su spojene u zemlji čeličnim prečkama kako bi se točno i stalno održala širina kolosijeka.

Na pruzi su svakako najzanimljivije elektromagnetske skretnice što ih vozar prebacuje desno i lijevo iz tramvajskih kola. Evo kako one rade: na 12 do 15 m ispred skretnice namještene su ispod kontaktnog voda male bakrene sanjke, koje potisnu prema dolje oduzimalo (liru) tako da na dužini od 20 do 35 cm ne dodiruje zračni vod. Klizaljka oduzimala tada ne klizi po kontaktnom vodu nego po sanjkama koje su izolacijom odvojene od voda. Sanjke su kabelom spojene s elektromagnetom, koji se nalazi u zemlji pokraj skretnice. Kad lira dodirne sanjke, struja poteče kroz motor tramvaja i kroz elektromagnet, pa u zemlji okrene četverokraku pločicu, koja jednim svojim krakom prebaci skretnicu na drugu stranu. Ako sad naiđu druga tramvajska kola, lira opet dodirne sanjke, a novi impuls struje u elektromagnetu vrati skretnicu natrag.



Ovjes tramvajskih zračnih vodova u gradskoj ulici



Gore lijevo: presjek tramvajske tračnice; desno: presjek zračnog voda. Dolje: presjek kolnika s tramvajskim kolosijekom na cesti

Ako skretnica stoji ispravno tako da je ne treba prebaciti, vozar u tramvaju mora postaviti upravljačku ručku na nulu. Strujni krug je u tramvaju prekinut, pa kroz elektromotor i kontroler u kolima i elektromagnet u zemlji ne može proći struja, a skretnica se ne prebacuje. Vozar, dakle, u tramvajskim kolima odlučuje hoće li prebaciti skretnicu ili će je ostaviti u dotadašnjem položaju. Ako treba da se skretnica prebaci, prelazi sanjke s uključenim motorom, ako treba da ostane nepomična, prelazi sanjke s isključenim motorom. Signalne svjetiljke na stupu pokraj skretnice pokazuju vozaru izdaleka kako stoji skretnica, desno ili lijevo.

U nekim gradovima, osobito gdje su guste magle česta pojava, u tramvajskim kolima postoje male razglasne postaje. Vozar u motornim kolima govori u mikrofon, a zvučnici u svim vagonima prenose vozareve obavijesti u koju je postaju tramvaj stigao i na koje se druge pruge prelazi u toj postaji.

DIZALA

Na onim mjestima gdje je između jednoga i drugog dijela grada gotovo okomita strmina, ili na mjestima gdje se putnici moraju spuštati u duboku podzemnu željeznicu grade se dizala koja obično imaju dvije kabine u visokoj rešetkastoj čeličnoj građevini. Dok se jedna kabina diže, druga se spušta. Ima i velikih dizala samo s jednom kabinom, ali tada umjesto druge kabine na užetu visi protuuteg. Takva se dizala upotrebljavaju i u visokim zgradama.

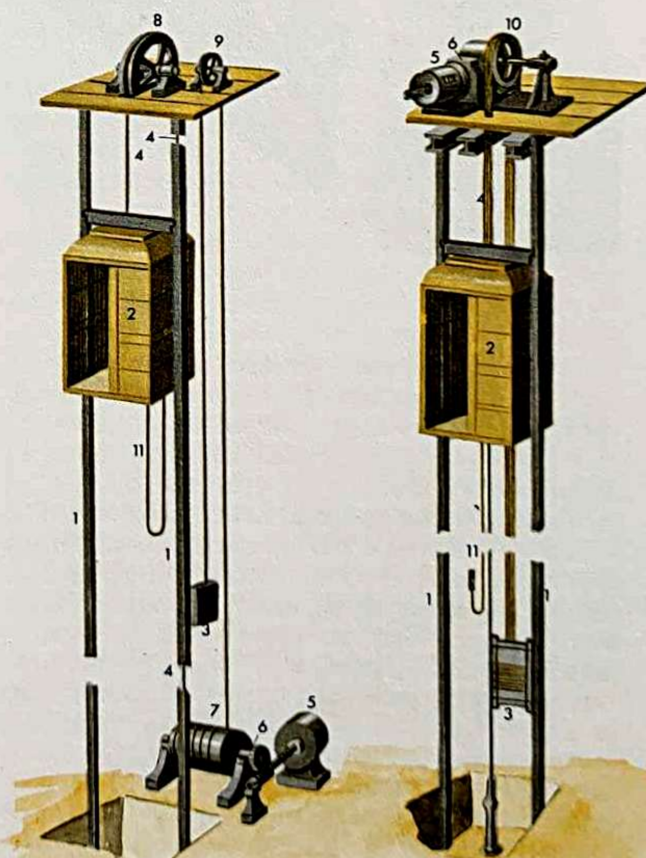
Kućno dizalo smješteno je između stepenica u stepeništu ili iza njega u okomitu »bunaru« koji se proteže od prizemlja do najvišeg kata u kući. U »bunaru« su dvije okomite tračnice vodilice, a između njih se diže i spušta kabina koja visi na jednom ili više čeličnih užeta. Kabina se zatvara uskim dvokrilnim vratima ili onakvima koja se pomiču u stranu. Da bi se moglo ući u kabinu iz stepeništa, na svakom su katu u zidu vanjska vrata. Prema tome, kad se želi ući u dizalo, treba otvoriti najprije vanjska vrata u zidu »bunara«, a zatim unutrašnja vrata na kabini.

U dizalu kabina visi na čeličnu užetu, koje teče od kabine preko koluta na tavanu zgrade, spušta se iza dizala do prizemlja, namotava se na jednom kraju bubnja, odmotava se na drugom kraju, diže se opet do tavana, prelazi preko drugoga manjeg koluta i spušta se opterećeno utegom sa strane. Uteg ne mora biti vrlo težak, glavno je da čvrsto napne uže na pogonskom bubnju. Nedostatak je ove vrste dizala što je kod njega uže vrlo dugo, osobito u visokim zgradama, pa je prema tome i bubanj odviše dug. Dizalo sa svojom opremom zauzima mnogo mjesta.

Za nebodere i duboke podzemne željeznice mnogo je pogodnija druga vrst dizala gdje na *užetnici* (jak užlijebljen kotač, remenica za uže) visi na jednoj strani kabina, a na drugoj strani protuuteg. Uže nije namotano oko bubnja, nego je prebačeno preko užetnice i tjera se samo trenjem o užljebine na pola opsega bubnja. Stoga takva dizala moraju imati dva ili više užeta jer je tada i trenje dva ili više puta veće. Protuuteg još više povećava trenje, pa je on na toj vrsti dizala zato i teži. Obično se uzima da teži kao pola kabine zajedno s putnicima. Ako je kabina s putnicima teška 1000 kg, uzima se uteg od 500 kg.

Za osobna dizala u stambenim i drugim zgradama vrijede strogi propisi. Dizala za 2—4 osobe uređena su tako da se mogu upravljati iz stubišta i iz kabine. Kreću se brzinom od oko 1,5 m u sekundi. Kada dizalo miruje, prekinuti su svi strujni krugovi koji vode iz prizemlja i iz svih katova u elektromotor. Kad se pritisne pozivno dugme u prizemlju, zatvori se strujni krug prizemlja, i dizalo se spušta. Čim stigne u prizemlje, jedan kotačić na kabini prekine strujni krug prizemlja, i dizalo se zaustavi. Kotačić istodobno oslobodi i bravu, koja je dotad bila zakračunata, tako da se ne mogu otvoriti vanjska vrata. Kad u dizalo uđe čovjek, pod njegovom će se težinom spustiti pod u kabini za nekoliko milimetara. Time je putnik svojom težinom prekinuo sve strujne krugove sa stepeništa tako da nitko ne može izvana dozvati ili zaustavljati dizalo. Drugim riječima, putnik je u kabini preuzeo upravljanje dizalom iz kabine. To je razlog da se malo dijete ne smije bez pratnje voziti dizalom jer je odviše lako pa ne može utisnuti pod i preuzeti upravljanje iz kabine.

Ako putnik u kabini utisne dugme šestoga kata, zatvori se šesti strujni krug. Električna struja šestoga kruga okreće elektromotor, i dizalo se diže. Čim kabina stigne u šesti kat, kotačić na njoj prekine šesti strujni krug i dizalo se zaustavi. Kotačić je istodobno oslobodio i bravu tako da se vrata na šestom katu mogu otvoriti. Sva su ostala vrata dalje zakračunata i ne mogu se otvoriti. Ako su prije polaska samo jedna vrata



Lijevo: kućno dizalo s pogonskim bubnjem. Desno: kućno dizalo s pogonskom užetnicom: 1. tračnice vodilice, 2. kabina, 3. protuuteg, 4. nosivo uže, 5. pogonski motor, 6. prenosnik, 7. pogonski bubanj, 8. nosivo kolo, 9. pomoćno kolo, 10. glavna užetnica

na bilo kojem katu bila otvorena, strujni krug je prekinut, i dizalo se ne može uputiti.

Ima velikih dizala, ponajviše u bolnicama, koja su opremljena uređajem za uravnavanje poda kabine. Kad dizalo stigne do prizemlja ili do kojeg kata, uređaj malo podigne ili spusti čitavu kabinu tako da pod u njoj bude točno u istoj visini s podom stepeništa. To je nužno zato da se iz kabine mogu izvući bolesnički kreveti ili aparati na kotačićima.

U hotelima, velikim robnim kućama i kavanama ugrađena su dizala koja se upravljaju samo iz kabine. U kabini je upravljač koji upravlja dizalom pomicanjem poluge na kontroleru. Upravljač upućuje elektromotor polugom na jednu stranu kad se dizalo mora dizati, a na drugu stranu kad se mora spuštati. Kad polugu vrati u sredinu, dizalo se zaustavi i automatski ukoči.

Svi elektromotori na dizalima imaju uređaj za samokočenje. Kočnicu pritežu jake opruge, pa je osovina elektromotora uvijek zakočena kad dizalo ne vozi. Kočnicu opušta električna struja s pomoću jakih elekromagneta. Kad se upućuje dizalo, električna struja otvori kočnicu i okreće elektromotor. Čim se struja prekine, elektromagneti izgube magnetizam i ispuste papuče kočnice, opruge ih pritegnu i osovina se zakoči. Ako se slučajno prekine struja u gradskoj električnoj mreži, ostaju bez struje i sva dizala, ali su u istom trenutku ostali bez struje i svi elektromagneti, pa su ispustili sve papuče kočnica, a opruge su privukle, zakočile osovine i zaustavile sva dizala u gradu. Međutim, može se dogoditi da je poneki putnik ostao zatvoren u zaustavljenom dizalu baš u sredini između dva kata. U tom nema nikakve opasnosti. Može pričekati u miru dok se ne vrati struja, jer je dizalo zakočeno.

U kabini je dugme zvonca za uzbunu; treba samo zazvoniti i dozvati nadzornika zgrade, koji ručnim okretanjem zamašnjaka na elektromotoru spušta kabinu za pola kata da putnik može izići na stepenište najbližeg kata.

Paternoster. U nekim se trgovačkim i robnim kućama za prijevoz osoba i lakih paketa upotrebljavaju dizala s više kabina koje vise na dva zajednička užeta ili lanca razapeta u okomitu krugu preko četiri koluta. Kabine se neprekidno i bez zaustavljanja s jedne strane dižu, a s druge strane spuštaju brzinom od 30 centimetara u sek. Sve su kabine posve otvorene i bez vrata, pa kako se polako kreću, i nevješt čovjek ima dosta vremena da uđe u kabinu na jednom katu i iziđe iz nje na drugom.



Lijevo: shematski presjek pomičnih stepenica i pomičnog rukohvata
Desno: pomične stepenice i rukohvati u postaji podzemne željeznice

Ipak paternoster nije pogodno dizalo za starce i neke invalide, pa ni za bojažljivce, stoga se i rijetko upotrebljava.

Pomične stepenice najčešće se upotrebljavaju u postajama podzemne željeznice i na svima onim mjestima gdje se penje ili spušta vrlo mnogo ljudi. Obično su uređene samo za penjanje, ali su ponegdje i dva stepeništa, jedno za penjanje i drugo za spuštanje.

Ako promatramo stepenište s pomičnim stepenicama, uočit ćemo da su mu strane zatvorene i debele, a zatvoren je i prostor ispod njih. U stranama su žljebovi za izravnavanje i upravljanje stepenicama i kotačići za upravljanje rukohvatima od debele i elastične gumene trake, koji se također pomiču jednakom brzinom kao i stepenice.

Ispod poda u donjem katu leži vodoravna osovina, i na njoj su dva velika kola. Jednaka je osovina i ispod poda u gornjem katu, pa su i na nju nataknuta dva velika kola. Između gornjih i donjih kola namješten je u stranama stepeništa po jedan kolosijek od dvije užlijebljene tračnice. Kolosijek zatvara dugu i iskrivljenu elipsu, i nije svagdje jednako širok.

Svaka je stepenica posebni vagončić sa četiri kotačića. Prednja se dva kotačića kotrljaju po

vanjskoj užlijebljenoj tračnici desnog i lijevog kolosijeka. Stražnja se dva kotačića kotrljaju po unutrašnjim žljebovima desnog i lijevog kolosijeka, ali su im osovine pričvršćene za dva vučna užeta. Oba se užeta neprekidno pomiču jer ih tjeraju dva kolotura nataknuta na osovini zupčastog kola što ga okreće elektromotor. Stražnji kotačići vuku vagončiće uza stepenište. Prednji kotačići, koji se slobodno kotrljaju po vanjskim žljebovima, služe, doduše, kao oslonci, ali im je važnija svrha da okreću i usmjeruju gornje plohe vagončića tako da međusobno tvore stepenice. Vagončići se sastavljaju u stepenice tek malo prije nego što iziđu iz donjeg poda. Kad uđu u gornji pod, najprije se rastave, a zatim se skupe u gotovo ravnu plohu.

Stepenice se kreću brzinom od 45 centimetara u sek., a uspon je stepeništa obično oko 30°. Ako zaželite da se povezete takvim stepenicama iz donjeg u gornji kat, dovoljno je da stupite na prvu stepenicu kad iziđe iz poda i da na njoj ostanete. Ona će vas povesti, kao mala uspinjača, na gornji kat, gdje ćete ponovno stupiti na čvrsto tlo. Ako vam se žuri, a nema nikoga ispred vas, možete se po stepenicama i penjati.

Prve su pomične stepenice prikazane na Pariškoj svjetskoj izložbi 1900.



TROLEJBUS

Trolejbus je električno vozilo na gumenim kotačima, slično autobusu. Lako se raspoznaje i iz daleka jer ima dva duga kosa oduzimala struje na krovu: dvije trole. Po njima je dobio i ime, od engl. naziva *trolley* (troli = oduzimalo struje, trola) i posljednjeg sloga *bus* latinske riječi *omnibus* (za svakoga), dakle, vozilo za svakoga s trolom.

Kao prvo nameće nam se pitanje zašto trolejbus ima dvije trole, kad je električnom tramvaju dovoljna samo jedna? Tramvaj ima čelične kotače i vozi po čeličnim tračnicama. Jedan pol njegova vučnog elektromotora dobiva električnu struju sa zračnog voda, preko trole i kontrolera, a drugi pol elektromotora u stalnom je spoju sa zemljom, preko čeličnih kotača i tračnica.

Trolejbus vozi na gumenim kotačima, a gume su električni izolatori, stoga nema električnog spoja između drugog pola vučnog elektromotora i zemlje. Tramvajske tračnice, koje su električni vod, moraju se kod trolejbusa nadomjestiti drugim zračnim vodom, drugom trolom. Dakle, u trolejbusu je jedan pol vučnog elektromotora spojen preko jedne trole s jednim zračnim vodom, a drugi pol elektromotora preko druge trole sa drugim zračnim vodom, koji nadomješta zemlju. U ulicama, kojima voze trolejbusi, razapeta su uvijek dva zračna voda, dvije bakrene žice, koje teku usporedno jedna pored druge, na razmaku od oko 2 decimetra, od početka do kraja trolejbusne pruge.

Trole su na trolejbusu znatno dulje od onih na tramvajima. Duge trole daju trolejbusu prednost da se može za vožnje kroz ulice umjereno ugibati desno ili lijevo te zaobilaziti parkirane automobile i druge prepreke. Trolejbus je građen vrlo slično autobusu: ima zakretljive prednje kotače, koji se zakreću upravljačkim volanom; ima 4—6 kotača s pneumatskim gumama, 4—6 vrata, koja se otvaraju i zatvaraju pneumatskim uređajem, u njemu su ručna i nožna kočnica, sve signalne svjetiljke propisane saobraćajnim pravilima, sjedišta za vozača i putnike, električna rasvjeta i električno grijanje. Ali, električni uređaji naliče onima u tramvaju. Trolejbus ima, slično kao tramvaj, otpornike, kontroler za promjenu brzine, električnu preklopku za prespajanje strujnih krugova radi promjene smjera vožnje (vožnja naprijed i natrag) ili radi prijelaza od vuče na električno kočenje.

Trolejbusi imaju obično samo jedan pogonski motor, koji je s pomoću zupčanika i kardanske osovine spojen s pogonskom osovinom stražnjih kotača, dakle, jednako kao na autobusu. Na gradskim prugama s vrlo jakim prometom putnika, upotrebljavaju se trolejbusi s prikolicom, a često se vide i tzv. *zglobni trolejbusi*, kod kojih je prikolica posve priljubljena uz trolejbus i s njim spojena jakim zglobom. Kako je praznina između vučnog

trolejbusa i prikolice posve zatvorena elastičnim zidom, poput mijeha na harmonici, oba se vozila zajedno doimlju kao da su jedna cjelina.

Trolejbusi imaju mnogo prednosti. Pokretljiviji su i brži od tramvaja, mogu zaobići prepreke na ulicama, voze bešumno, a osim toga ne ispuštaju otrovne plinove. Međutim, oni imaju i nekoliko nedostataka: u slučaju kvara na zračnim vodovima i nestanka električne struje zaustavljaju se svi trolejbusi na mrtvom odsjeku električnog voda. Oni ne mogu odoljeti velikoj navali putnika u kritičnim satovima, jer im je kapacitet manji od prijevozne moći tramvaja i podzemne željeznice sa 3 i više prostranih vagona. Ne mogu se upotrijebiti za izlete izvan grada kad je na blagdane gradski promet malen. Grad Rijeka je iz takvih razloga napustio trolejbuse i uvrstio u promet autobuse.

Girobus je električno vozilo na gumenim kotačima; nalići trolejbusu, ali nema trole na sredini krova, nego vrlo kratka oduzimala struje na desnom rubu krova, iznad bočnog ogledala. Vozilo se tako zove, jer tjera težak *giro* (zvrk, zamašnjak), koji se nalazi ispod okvira na zajedničkoj osovini s jednim elektromotorom. Princip girobusnog pogona lakše ćemo razumjeti, ako pomislimo kako se kreću igračke sa zamašnjakom. Automobil igračka ima, umjesto pera, razmjerno težak zamašnjak. Kad želimo da pojuri, najprije ga hitro povlačimo po podu, sve dok ne osjetimo da je zamašnjak dostigao veliku brzinu okretanja. Kad nakon toga automobil postavimo na tlo, on pojuri i vozi, doduše, sve sporije, dok se ne zaustavi zamašnjak.

Zamašnjak na girobusu ne može se potjerati guranjem teškog vozila po cesti, ali se može pognati električnom strujom iz gradske mreže, dok girobus stoji nepomično na postaji. Skupljena kinetička energija u zamašnjaku nakon toga tjera girobus do iduće postaje, gdje se zamašnjak ponovno potjera električnom strujom iz gradske mreže.

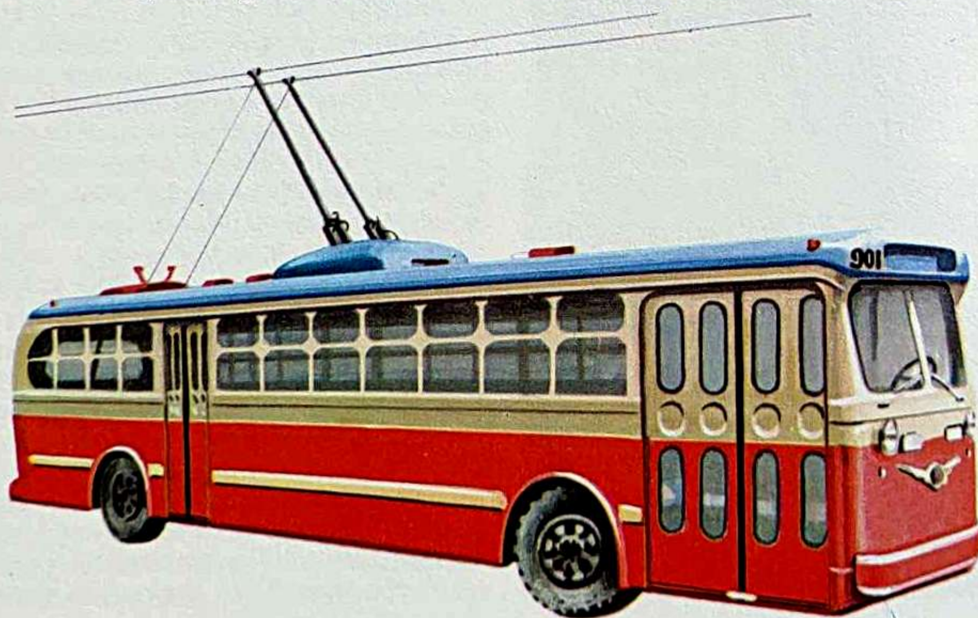
Električna struja za pogon zamašnjaka, dovodi se podzemnim kabelom do visokog stupa, koji se nalazi na svakoj drugoj ili trećoj girobusnoj postaji. Na stupu su vodoravne kontaktne ploče, a njih dodiruju girobusna oduzimala struje dok vozilo stoji na postaji. Struja iz gradske mreže potjera velikom snagom elektromotor, a on poslije 1—2 minute preda veliku brzinu zamašnjaku. Kad bi se u tom trenutku prekinuo dovod struje, zamašnjak bi se okretao zajedno s elektromotorom »u prazno« još najmanje 12 sati.

Girobus ima još jedan tzv. *vučni elektromotor*, koji je stalno povezan s osovinom stražnjih kotača. Vučni elektromotor miruje dok girobus stoji. Kad vozač želi krenuti, on najprije isključi vanjsku električnu struju. Od tog trenutka elektromotor nije više tjeran strujom, nego obratno, zamašnjak okreće rotor elektromotora, koji se sada pretvara u generator (dinamo), a proizvedenom strujom u girobusu, tjera se vučni elektromotor, koji pogoni vozilo do iduće postaje.

Girobus je pokretljiviji od trolejbusa. On nije trolom povezan za zračne vodove, ali je pogon vrlo skup, jer vozilo neprekidno nosi težak zamašnjak i dva elektromotora. To su razlozi da je girobuse upotrijebila u gradskom prometu dosad samo Švicarska, gdje je električna energija jeftina.

Vozila budućnosti bit će *elektrobusi*. Oni će imati na sebi svoju elektranu s *gorivnim ćelijama*, koje toplinsku energiju neposredno pretvaraju u električnu energiju za pogon elektrobusa.

Trolejbus sliči autobusu, vozi na gumenim kotačima, ali na električni pogon kao tramvaj. Budući da su gume električni izolatori, struja se dovodi na oba pola pogonskog motora preko dviju trola iz dvaju zračnih vodova. Prednosti su trolejbusa što nisu vezani za tračnice, voze s manje buke i manje su investicije, a nedostaci su što im je manji kapacitet od prijevozne moći tramvaja s prikolicama i što se ne mogu upotrijebiti izvan grada kad je gradski promet malen





»Projekt« letećeg tropalubnog kraljevskog broda s tvornicom vrućeg zraka, jedrom i kulom na krmilu

ZRAKOPLOVI

U doba kad je postao razumno biće čovjek je promatrao ptice, zavidio im što vrludaju zrakom i zaželio da i sam poleti. Ali prošlo je mnogo tisuća godina dok mu se ispunila ta želja.

Iz prastarih kineskih rukopisa saznaje se da su godine 1306. za svečanosti kad je kralj Fo Kien stupio na prijestolje puštane kugle od šarena papira, koje su se dizale visoko povrh gradskih bedema, a na nekim starim kineskim slikama vide se papirnate zmije, i zmajevi kako lebde u zraku povrh vojnika i konjanika koji ih drže na uzici.

Zrakoplovi se dijele na dvije skupine: lakše i teže od zraka. Lakši od zraka su baloni i cepelini, a teži od zraka su avioni i helikopteri. Razlikuju se slobodni, privezani i upravljivi baloni.

SLOBODNI BALONI

Veliki talijanski slikar *Leonardo da Vinci* (Vinči), koji je bio i veoma nadaren tehničar, punio je vrućim zrakom svilene lopte premazane voskom i puštao ih da se dižu u sobi do stropa. Mnogo je ljudi poslije njega pokušavalo izraditi laka tijela koja bi lebdjela u zraku, mnogi su i pisali o zračnim brodovima, zrakoplovima, ali nikome nije pošlo za rukom da ih izradi.

Talijanski fizičar Francesco Lana nacrtao je 1670. čamčić sa 4 balona od limenih listića iz kojih je isisan zrak, a Gusmaov se balon 1709. napunjen vrućim zrakom digao 3 m iznad zemlje.



Spomen-medalja za uspješan let balona što su ga, prvi u Evropi izradili od papira Joseph-Michel (1740—1810) i Etienne (1745—1799) Montgolfier, sinovi vlasnika tvornice papira u Annonayu (Francuska)

Braća Montgolfier. Braća Etienne i Joseph Montgolfier (Etjen i Žozef Mongolfije) poslije očeve smrti upravljali su tvornicom papira u francuskome gradiću Annonayu (Anoneju). Obojica su bili veoma marljivi i rado su se bavili prirodnim naukama, osobito Etienne, koji je bio i izvrstan matematičar. Promatrajući oblake kako lebde i prelaze preko planina razmišljali su ne bi li se i neka tvorevina ljudskih ruku mogla dići i ploviti zrakom na sličan način. Upotrijebili su vodenu paru, istu tvar od koje se sastoje i oblaci. Izračunali su da 1 m^3 pare teži pola manje nego 1 m^3 zraka, pa bi se prema tome kesica ispunjena vodenom parom morala dizati uvis. Pokus im ipak nije uspio jer se para ohladila i pretvorila u vodu čim je ušla u papirnatu kesicu.

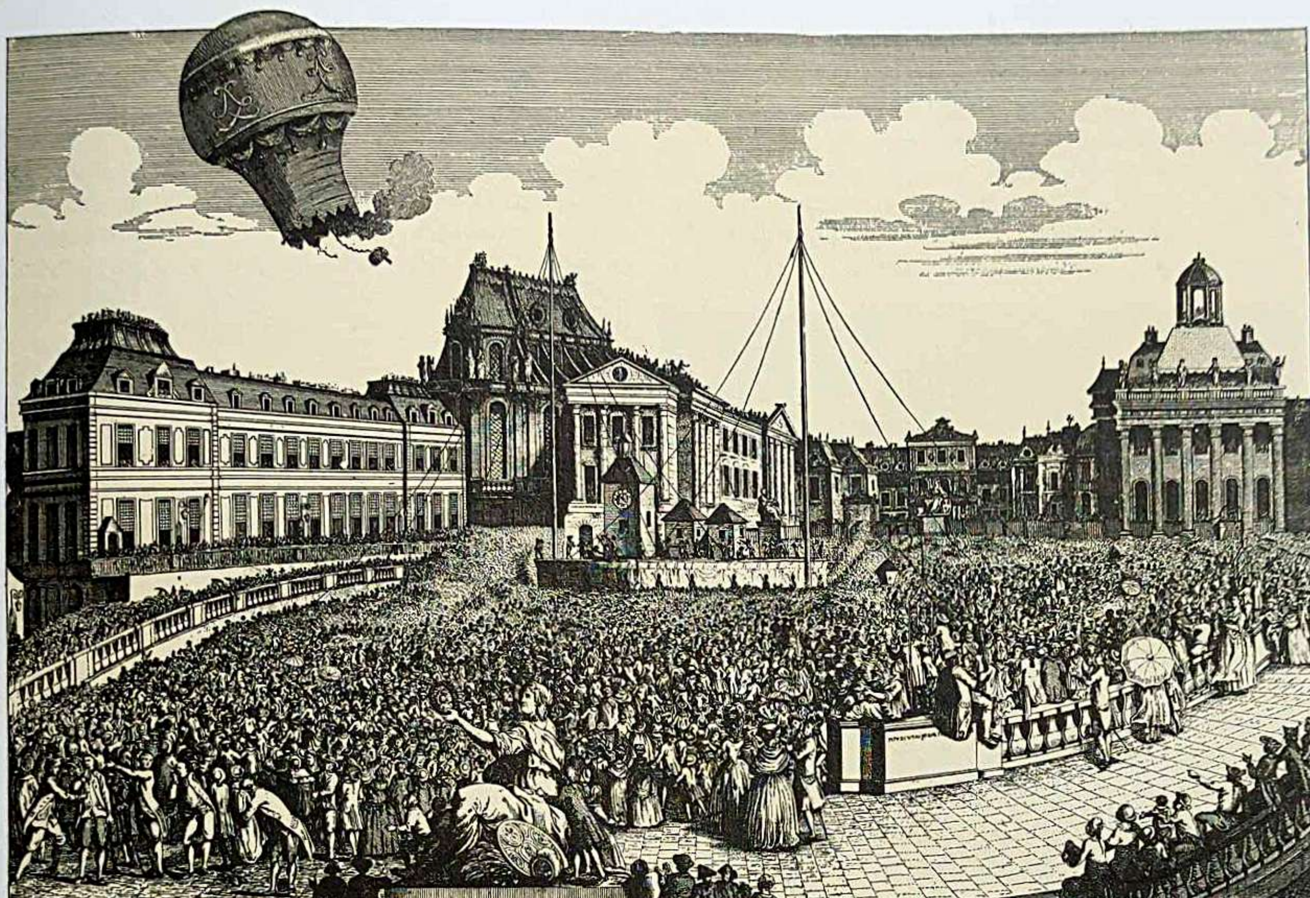
U to doba izišao je francuski prijevod knjige *O različnim vrstama zraka* koju je napisao engleski kemičar *Joseph Priestly* (Pristli). U njoj je opširno opisan vodik koji je 14 puta lakši od zraka. Kad su braća Montgolfier pročitali tu knjigu, odmah su napunili papirnatu kesicu vodikom, ali se ni ona nije uzdigla. Plin je prolazio kroz pore kesice, a zacijelo nije ni vodik bio dovoljno čist, pa mu je specifična težina bila veća. Braća su napustila pokuse s vodikom jer se u to doba teško i dobivao. Bili su na pravom putu, ali su s njega skrenuli.

God. 1783. Joseph je promatrajući kako se diže dim došao na pomisao da pokuša napuniti kesicu dimom. Izradio je svilenu kocku kojoj je donja ploha bila otvorena, zapalio je ispod nje komad papira, i kocka se digla do stropa. Braća su otad nastavila pokuse s velikim papirnatim loptama koje su punili dimom, ali opet bez uspjeha. Česti su ih neuspjesi i pokolebali; počeli su sumnjati da li se uopće *balon* (franc. ballon = velika lopta) diže od vrućeg dima u unutrašnjosti ili je dizanje posljedica nekih električnih pojava. Na tu su ih pomisao navele neke znanstvene knjige u kojima je pisalo da oblaci lebde zbog električnog djelovanja čestica vodene pare. Stoga su braća izradila svilen balon odozdo otvoren, a ispod otvora zapalili su ovlaženu slamu i sitno isjeckanu ovčju vunu; mislili su da su tako dobili »električni dim«. Balon se digao i udario u strop kao da će proći kroza nj.

Etienne i Joseph su tada odlučili da iskušaju veći balon na otvorenu dvorištu. Pošto su taj balon napunili sa 20 m^3 vrućeg zraka, otkinuo je on konopčiće kojima je bio privezan za tlo, uzdigao se do visine od 300 m i poslije pet minuta blago se spustio na susjedni brežuljak. Braća su bila zadovoljna jer im se ispunila želja. Ali nakon toga više nisu mogli iskušavati balone u tajnosti jer se u Annonayu već dugo nagađalo i šaputalo o tajanstvenoj kugli koja se sama diže u zrak. Zbog toga su Etienne i Joseph odlučili ponoviti pokus pred mještanima. Pozvali su sve sugrađane da 5. VI 1783. dođu na glavni trg. Toga dana skupilo se veliko mnoštvo ljudi. Trg, prozori, balkoni i krovovi bili su puni radoznala svijeta. Usred trga bila je sagrađena četverokutna skela, a na njoj je visjela golema naborana vreća. Budući da nije pružala nimalo zanimljivu sliku, gledaoci su se nepovjerljivo smiješili. Međutim, bezlična se vreća polako nadimala. Bore su postepeno nestajale, a da nitko nije znao pogoditi zašto se to događa. Vreća se uskoro pretvorila u



Pošto su braća Robert pronašla otapalo za kaučuk, prof. Charles je izradio svileni balon premazan otopinom kaučuka. Proizveo je vodik, njime napunio balon, koji je 27. VIII 1783. uzletio pod oblake



Drugi uzlet mongolfijera 19. IX 1783. iz predvorja dvorca u Versaillesu, pred kraljem, dvoranima i narodom. Balon od platna, oblijepljen papirom nosio je živa bića: ovna, pijetla i patku

golemu glatku i pravilnu kuglu, koja se podigla i lebdjela povrh skele. Balon, koji je zapremao 600 m³, pridržavalo je konopima osam ljudi. Odjeknula je zapovijed: »Pusti!«

Čudesna se kugla naglo podigla, sve se brže dizala uvis i za manje od deset minuta dostigla je visinu od 1900 m. Veličanstveno je lebdjela, gibala se prema vinogradima i polako se spustila na zemlju dva kilometra daleko od mjesta gdje se uzdigla. Predsjednik anonejske općine sastavio je o tom izvještaj, koji je u Parizu odjeknuo poput groma.

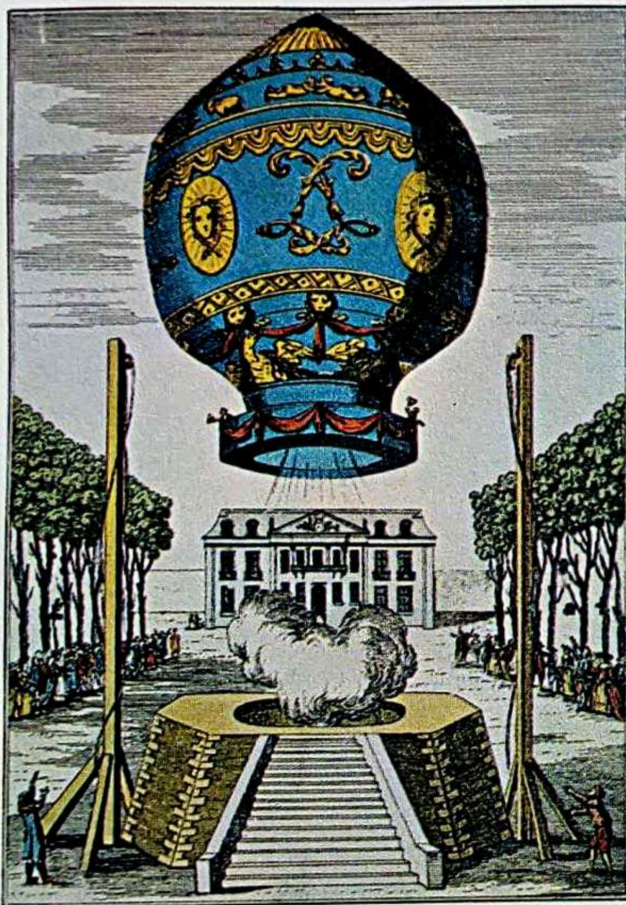
César Charles (Sezar Šarl). Akademija znanosti u Parizu odmah je odredila komisiju koja je imala ispitati novost i pozvala je Etienna da pokus ponovi u Parizu. Ali Parižani su bili nestrpljivi i nisu htjeli dugo čekati. U novinama je izašao oglas da se skupljaju prilozi za gradnju balona. Za pet dana skupljeno je 10 000 franaka. Da se ne gubi na vremenu dok Montgolfier ne stigne u Pariz, povjereno je čuvenim izrađivačima fizikalnih instrumenata braći *Robert* (Rober) da izvrše sve pripreme za puštanje balona. Profesor César Charles, koji je postao čuven po dobro posjećenim javnim predavanjima iz fizike, ponudio se da će preuzeti vodstvo.

Charles je iz gradonačelnikova izvještaja iz Annonaya doznao samo da se uzdigao u zrak okrugao balon ispunjen Montgolfierovim zrakom, koji je pola lakši od običnog zraka. Nigdje se u izvještaju nije spominjalo ložište ni vatra koja se ložila ispod balona. Stoga je Charles odmah pomislio da je balon bio napunjen vodikom.

Braća Robert baš su malo prije toga pronašla otapalo za kaučuk. Charles je odmah naručio da se pripremi svila od koje će se sašiti balon i premazati otopinom kaučuka kako bi se svila učinila nepropusnom. Uskoro je izrađen balon, ali je vrlo teško bilo nabaviti vodik. Još se nikad dotad nije proizvela tako velika količina vodika (oko 25 m³), koliko je trebalo da se napuni balon s promjerom od 3½ m. Opasan je bio rad »zapaljivim zrakom«. Tako su nazivali vodik jer su se u to doba plinovi smatrali različnim vrstama zraka.

U dvorištu iza kuće braće Robert smjestili su bačvu s vodom i željeznom strugotinom. Na gornjoj strani bila su dva otvora od kojih je jedan

imao produžnu cijev s ventilom. Kroz jedan otvor su oprezno i polagano ulijevali sumpornu kiselinu, a kroz cijev s ventilom izlazio je iz bačve vodik kojim se punio balon. Charles i braća Robert punili su ga četiri dana i pri tom utrošili 400 kg željeza i 250 kg sumporne kiseline. Plinsku cijev morali su hladiti vatrogasnom štrcaljkom da se vodik ne zapali i ne eksplodira.



Pošto su životinje dobro podnijele uspon, Etienne je izradio mongolfijer od 2200 m³, kojim su se uzdigli Pilâtre de Rozier i grof Arlandes. Oni su se uzdigli u Bulonjskoj šumi i preletjeli čitav Pariz

Balon je napunjen 26. VIII 1783, ali trebalo ga je napunjena prenijeti na Champ de Mars (Šan de Mars), na poljanu gdje sada stoji Eiffelov toranj. Prenijeli su ga noću uz svjetlost baklji. Sutradan se na golemoj poljani skupilo oko 300 000 ljudi. Policisti i vojnici jedva su održavali red. U 15 sati braća Robert su, protiv Charlesove volje, još dopunili balon vodikom. U 16 sati opalio je top; znak da počinje pokus. Ispušteni balon hitro se digao 1000 m visoko i sakrio se iza tmasta oblaka; ponovno se pokazao, kretao se polagano oblačnim nebom i nestao iza drugog oblaka. Pratilo ga je pogledom trista tisuća ljudi sve dok se nije pretvorio u sitnu točkicu i sakrio se iza dalekih oblaka.

Balon je lebdio 1¾ sata, a zatim se rasprsnuo. U sve većoj visini, gdje je zrak sve rjeđi, tlak zraka s vanjske strane balona postajao je sve manji. Međutim, tlak vodika u nepropusno zatvorenu balonu tlačio je svileni plašt iznutra, a kako je vanjski tlak opadao, balon se povećavao i napokon rasprsnuo. Pao je 24 km daleko od Pariza u selu Gonesse (Gones), gdje su praznovjerni stanovnici pomislili da je sam nečastivi doletio s drugoga svijeta, napali su ga kamenjem, toljagama i vilama, privezali konju za rep i teglili ga po polju dok se nije posve raspao.

Mongolfijeri i šarlijeri. Pokusi su dokazali da su obje vrste balona bile sposobne da se uzdignu i lebde u zraku. Baloni punjeni vrućim zrakom i odozdo otvoreni zvali su se *mongolfijeri*, a oni posve zatvoreni i napunjeni vodikom *šarlijeri*. Puštanju šarlijera na poljani Champ de Mars prisustvovao je i Etienne Montgolfier koji je stigao u Pariz prije dva sata. On je odmah sutradan počeo izrađivati papirnat mongolfijer. Dovršio ga je 11. IX 1783. i uspješno iskušao dok je bio privezan za tlo, ali ga je u noći vjetar s pljuskom razorio.

Budući da je kralj Ljudevit XVI odredio da se pokus održi 19. IX pred njim u vanjskom dvorištu palače u Versaillesu, Etienne je morao brzo dovršiti novi balon. Od tanka pamučna platna izradio je dugoljasto oblo tijelo oblijepljeno papirom, koje je bilo visoko 19 m i široko 14 m, a sadržina mu je iznosila oko 150 m³.

Balon je ispušten u određeno vrijeme pred kraljem, njegovim dvoranima i golemim mnoštvom svijeta. Uzdizao se nečujno, ali nepravilno, a iznad krovova se zanjihao. Na tom drugom javnom pokusu s mongolfijerom visio je ispod sredine otvora kavez, u kojemu su bile tri životinje: pijetao, ovan i patka, prva živa bića koja su se uzdigla zrakoplovom. Htjelo se ispitati kako će životinje podnijeti nagao uspon i visinski zrak.

Balon je dosta nemirno lebdio samo devet minuta, a zatim se rasparao pri vrhu i pao 6 km od Versaillesa na krošnju velikog stabla. Tu se opet podigao, ali je kavez zapeo, otkinuo se i pao na zemlju.

Pošto su životinje dobro podnijele uspon, Etienne je izradio još veći balon s promjerom od 18 m i sadržinom od 2200 m³ kojim bi se digli u zrak ljudi. Tim mongolfijerom uzdigli su se *Pilâtre de Rozier* (Pilatr d Rozije) i grof *Arlandes* (Arland). Oni su stajali na okrugloj drvenoj platformi koja je bila obložena platnom. U sredini je bila rešetka na kojoj je gorjela vatra. Prema tome ovaj je balon već nosio gorivo sa sobom. Na galeriji je bilo dovoljno slame, a balon se mogao po volji dizati povećavanjem plamena i spuštati prigušivanjem vatre s pomoću mokre spužve koja je bila privezana na dugoj željeznoj šipci. Njome se spužva gurala u vatru.

Balon se uzdigao u Bulonjskoj šumi, prešao je preko cijelog Pariza i spustio se jugoistočno od grada na otvorenu polju. Oba zrakoplovca i braću Montgolfier narod je oduševljeno pozdravljao. Svi su bili odlikovani i nagrađeni, a u Parizu su Etiennu odane počasti kao nijednom izumitelju do tada.

Potaknut Montgolfierovim uspjehom i Charles je odlučio izraditi tako velik balon da bi mogao ponijeti dva čovjeka. Skupivši svotu od 10 000 franaka izradio je novi balon i 1. XII 1783. digao se u središtu Pariza s jednim od braće Robert. Nakon 2¼ sata lebđenja u visini od oko 600 m spustili su se u Nesleu (Neleu), 40 km od Pariza. Tu je Robert izišao iz gondole, a Charles se ponovno digao. Olakšan balon pojurio je naglo na visinu od 3467 m. Temperatura je na toj visini pala na —8,8°. Oštra bol u ušima od nagle promjene zračnog tlaka u visini opomenula je Charlesa da otvori ventil. Spustio se 4½ km od mjesta gdje se iskrcao Robert.

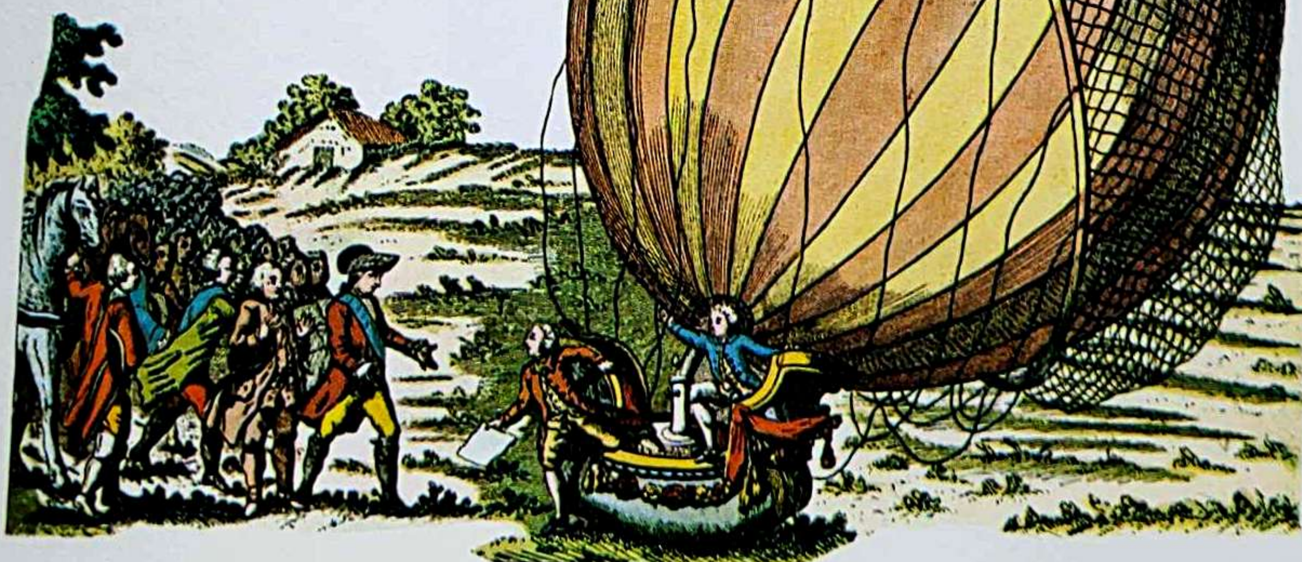
Charles je dočekan u Parizu još većim slavljem. On je takav doček i zaslužio. Na njegovu balonu bilo je veoma mnogo vrijednih izuma, koji su se održali do posljednjih balona. On je prvi izmjerio barometarski tlak i temperaturu zraka u visini, a to se kasnije mjerilo na mnogim zrakoplovima. I danas se mjerenja vrše s pomoću posebnih malih meteoroloških balona i tako se istražuju pojave u atmosferi i stratosferi.

Prepirke između pristaša otvorenih i zatvorenih balona svršile su pobjedom šarljerista, pristaša zatvorenih balona punjenih vodikom.

U Francuskoj, koja je često ratovala s Engleskom, pisalo se već i o planovima kako bi se mogla izbjeći teška britanska pomorska flota i izvršiti invaziju s pomoću flote francuskih lakih zrakoplova. Međutim, ubrzo se uvidjelo, da se to ne može ostvariti jer je nosivost balona bila veoma mala, a kretati su se mogli samo onako kako ih je vjetar nosio.

Jean Blanchard uzdigao se 1784. u Parizu balonom koji je imao vesla i krmilo od perja, a ispod njega razapet padobran. Krmilo i vesla pokazali su se beskorisnim, a padobran nije upotrijebio jer se balon sretno spustio

Charles i jedan od braće Robert, digli su se jednim šarlijerom 1. XII 1783. i prevalili put od 40 km. Spustili su se kod sela Neslea nakon 2 1/4 sata lebđenja. Robert je izišao iz gondole, a olakšani balon ponovno se s Charlesom digao na visinu od 3467 m. Zbog boli u ušima, on je otvorio ventil i spustio se, prevalivši još 4,5 km. Charles je prvi izmjerio barometarski tlak i temperaturu atmosfere. Kasnije su slična mjerenja obavljali i drugi, pa i sada se istražuju pojave, čak i do stratosfere, malim meteorološkim balonima



Balonom preko kanala La Manchea. Pariški mehaničar *Jean Blanchard* (Žan Blanšar) bavio se gradnjom stroja za letenje, ali pošto je vidio Charlesov uspjeh, napustio je letjelicu i posvetio se balonima. Izradio je svoj šarlijer i prvi put se uzdigao u Parizu 1784. Njegov je balon bio opremljen krmilom, veslima od perja i padobranom koji je bio otvoren ispod balona poput velikoga kišobrana. Krmilo i vesla pokazali su se beskorisnima, a padobran mu nije ustrebao jer se spustio bez smetnji. Iduće godine otputovao je u Englesku gdje je s profesorom *Sheldonom* (Šeldonom) izvršio prvo zračno putovanje iz Londona u Chelseau (Čelsiu) i 1784. prvi visinski uspon s *drom Jeffriesom* (Đefrisom), koji je mjerio temperaturu i vlagu zraka. Poslije toga odlučio je prijeći balonom preko kanala La Manchea iz Dovera u Calais (Kale) u Francuskoj. S njim je pošao i dr Jeffries.

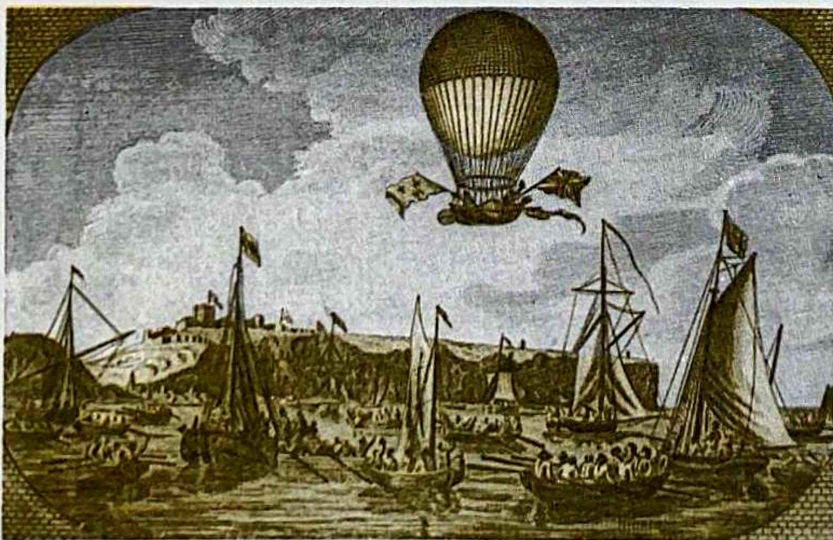
Balon je bio spreman za putovanje u Doveru 7. I 1785. u 13 sati. Oba zrakoplovca ušla su u gondolu, a Blanchard je uskoro dao nalog da se odriješe posljednji konopi kojima je ona bila privezana za tlo. Balon se mirno i polagano uzdigao, a povoljan vjetar odnio ga je na morsku pučinu prema Francuskoj. Nakon pola sata počeo je propadati. Posada je izbacila sav balast, ali ni to nije mnogo pomoglo. Još nisu prešli ni pola puta, a balon se ponovno spuštao. Tek kad su pobacali u more knjige i dijelove opreme, malo se podigao, ali prije nego što su dalekozorom mogli otkriti francusku obalu, propao je tako nisko da je gondola gotovo dodirivala kreste valova. Pobacali su svu opremu, hranu, vodu, sidro s čitavim konopom te beskorisna vesla i krmilo. Svukli su sa sebe kapute i odijela te i njih pobacali u more. Balon se tada posve malo podigao, ali je uskoro počeo opet propadati. Zacijelo je vodik izlazio iz balona kroz tkivo omotača. Dr Jeffries je spremno predložio da će skočiti u more; bolje je da se jedan od njih utopi nego obojica. Blanchard je odbio tu žrtvu, dohvatio je nož, prerezao sve konope i odbacio čitavu gondolu. On i Jeffries ostali su visiti na samim konopima. Tek sada, znatno olakšan, balon se od uzgona digao visoko iznad morske površine i u 15 sati prešao preko Calaisa. Dr Jeffries je u svom opisu putovanja napisao: »Tako smo eto ipak sretno stigli u Francusku, ali bez hlača.«

Englez *Charles Green* (Čarlz Grin) prvi je 1836. umjesto vodika upotrijebio rasvjetni plin, koji je, doduše, nešto teži od vodika, ali su se njime baloni mogli puniti jednostavnije — izravno iz cijevi gradskih plinara. U novije doba upotrebljava se i najlakši plin helij, koji je neupaljiv, ali veoma skup.

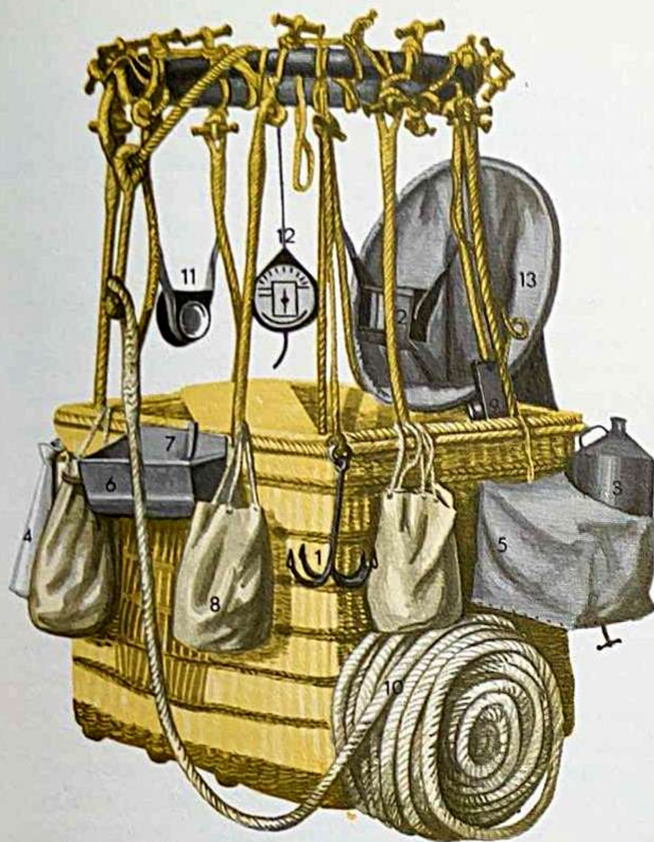
Upravljanje balonima. Balon koji lebdi u zraku neprivezan zove se *slobodni balon*. Njime se ne može kretati u željenu smjeru, a ne može se ni lebdjeti nepomično nad jednim mjestom jer ga neprekidno nose zračna strujanja. Balonom se može upravljati samo po visini, tj. može se po volji dizati i spuštati.

Balonski plašt od gumirana platna ili svile ima oblik kugle. S donje strane svršava rukavcem koji je neprekidno otvoren, ali se može zatvarati i otvarati sa dva konopa. Kroz rukavac se balon puni plinom. Na vrhu omotača je ventil. I on se otvara i zatvara s pomoću dva konopa koji se spuštaju do gondole. Preko omotača prebačena je jaka kudjeljna mreža koja je konopima privezana za obruč. Mreža raspoređuje težinu gondole na čitavu gornju polovicu balona.

Ispod obruča visi gondola, koja je izrađena u obliku košare od čvrsta pruća. U njoj su instrumenti za zračnu plovidbu i različne sprave. Izvan košare vise balast (vrećice s pijeskom) i balastno uže. Nekad se upotrebljavalo i sidro.



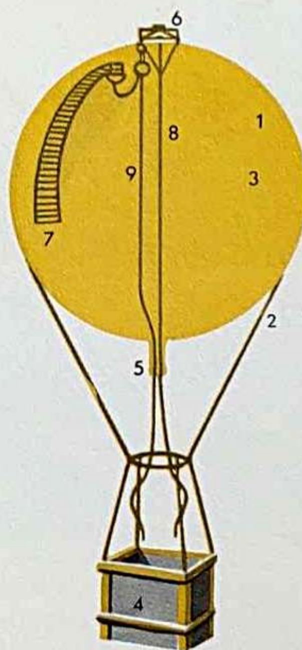
Jean Blanchard i dr Jeffries prvi su preletjeli kanal La Manche. Balon se 7. I 1785. digao u Doveru. Za preleta neprekidno je propadao, pošto su izbačeni svi predmeti, oprema, instrumenti, hrana, voda, odjeća, obuća pa napokon i gondola, zrakoplovci su u 15 sati preletjeli Calais viseći na konopima balona



Košara balona za daleka putovanja: 1. sidro (upotrebljavalo se samo u iznimnim slučajevima), 2. barograf (instrument koji mjeri i upisuje krivulju pada barometarskog tlaka), 3. posuda s pitkom vodom, 4. doglasalo za dovikivanje, 5. stelja (košara je na tom mjestu probušena i proširena kako bi se dobio dostatno dug krevet), 6. posuda s pijeskom, 7. lopatica za pijesak, 8. vreće s rezervnim pijeskom koji se upotrebljava kao balast, 9. električna svjetiljka za signalizaciju i rasvjetu instrumenata, 10. balastno uže, 11. statoskop, instrument za mjerenje malih razlika barometarskog tlaka, malih razlika visine, tj. dizanja i spuštanja balona, 12. barometar (visinomjer), 13. zavlačno sidro; platno bi se rastvorilo kad bi se balon spustio na more i zadržavalo bi gondolu da je vjetar ne odnese

Zračna plovidba slobodnim balonom je jednostavna. Čim se balon odvoji od tla, u njemu se ne osjeća vjetar jer se on giba zajedno sa zračnim strujama. Stoga su jedra i krmila, koja su se u početku na balonu namještala, beskorisna. Vođa može samo podizati balon ispuštanjem pijeska iz vrećica, ili spuštati ga otvaranjem ventila. Kad se balon diže, u većoj visini zrak je razrijeđen, pa se plin u balonu širi i djelomično izlazi kroz rukavac. Isto se događa i kad u plašt upre sunce jer čitav balon djeluje kao golem termometar — plin se grije i širi, a balon se diže. Dovoljno je samo da oblak zastre sunce, pa će se balon u sjeni hladiti i spuštati. Stoga treba odmah izbaciti malo balastna pijeska. Ako se balon odviše diže, treba kroz ventil ispustiti malo plina. Tada odozdo ulazi zrak, balon postaje teži, i uspinjanje se zaustavlja. Dobar vođa štedi plin i pijesak. Balon treba da se spusti prije nego što se potroši sav balastni pijesak, jer je bez balasta opasno lebdjeti. Ako bi balon počeo propadati, nema se čime kočiti naglo padanje.

Najopasniji je manevar pristajanja. Oko 90% svih oštećenja i nesreća događalo se pri slijetanju na zemlju. Balon se spušta prema tlu ispuštanjem plina kroz ventil. Iz košare visi balastno uže. Ono se vuče po tlu, pa kako se balon spušta, sve duži dio konopa leži na tlu, a time se sve više olakšava košara i koči padanje. Kad se košara spusti na 10—21 m iznad tla, snažnim potezanjem konopa rastvori se šav i plin naglo sukne iz balona. Košara sjedne na tlo, a ispražnjen balon polegne se u zavjetrini na zemlju. Kad se balon ne bi ispraznio, on bi, tjeran vjetrom, prevrnuo košaru i teglio je po zemlji preko svih prepreka. Ako se zbog kvara na šavu dogodi da se balon ne isprazni, nitko ne smije iskočiti iz košare jer bi se time ona olakšala, balon bi je podigao, i trebalo bi još jednom pristajati uz još veću opasnost. U početku se kod pristajanja upotrebljavalo sidro da zadrži košaru, ali je kasnije upotreba sidra zabranjena. Sidro je skakutalo po zemlji i stvaralo goleme štete i ranjavalo ljude. Posve malo sidro moglo se upotrijebiti samo u iznimnim slučajevima.



Oblik novijeg balona: 1. omotač prekriven mrežom (mreža je na slici izostavljena), 2. mrežni viskovi, 3. glavni obruč, 4. košara ili gondola, 5. rukavac za punjenje, 6. ventil, 7. sigurnosni šav, 8. uže za upravljanje ventilom, 9. uže za hitro rastvaranje sigurnosnog šava

Istraživački baloni. Mnogi su se fizičari dizali već u početku XIX st. balonom u visoke slojeve atmosfere da bi istraživali sastav zraka i mjerili temperaturu. *Alexander Humboldt* i *Aimé Bonpland* (Eme Bonplan) dostigli su 1802. visinu od 5875 m, a britanski fizičar *Robertson* uspeo se 1803. na visinu od 7400 m. Britanci *James Glaisher* (Glejšer) i *Henry Coxwell* (Koksvel) uzdigli su se 1862. na 8840 m. Glaisher se kasnije dizao sam 28 puta u znanstvene svrhe. Stoga se opravdano i naziva ocem znanstvenog balonstva. On se u visinama nekoliko puta onesvijestio, a smrzle su mu se i ruke. Francuski fizičari *Louis Gay-*



Sivel, Tissandier i Croce-Spinelli dostigli su 1875. visinu od 9000 m, iako su za disanje ponijeli kisik, Spinelli i Sivel su se ugušili

Lussac (Gej-Lisak) i *Jean Baptiste Biot* (Žan-Batist Bio) dostigli su visinu od 4000 m, a Gay-Lussac se sam kasnije uzdigao na visinu od oko 9000 m. Svi balonci u visinama iznad 5000 m osjećali su slabost, mučninu i bezvoljnost. Jedva su imali snage da povuku uže ventila i ispuste plin iz balona da bi se balon spustio. Onesvješćivali su se i smrzavali jer od slabosti nisu mogli obući krznene kapute. Temperatura se na tim visinama kretala oko —40°. U to doba se mislilo da malaksalost i nesvjestica nastaju od rijetkog zraka. Tek je pariški fiziolog *Paul Bert* (Pol Ber) dokazao da sve te smetnje nastaju zbog pomanjkanja kisika.

Francuski balonisti *Croce-Spinelli* (Kros-Spineli), *Sivel* i *Gaston Tissandier* (Tisandje) prvi su se digli 1875. s bocama kisika, ali baš taj uspon svršio je najvećom nesrećom. Na visini od 7000 m ponestalo je posadi snage. Oporavili su se nakon udisanja kisika, izbacili su balast i digli se na 9000 m. Zbog štednje kisika ponovno su oslabili, pa Tissandier nije mogao dohvatiti cijev za disanje i izgubio je svijest. Kad se osvijestio, balon je naglo propadao, a suputnici su ležali bez svijesti. Uz krajnji napor gurnuo im je cijevi za kisik u usta i izvršio pripreme za spuštanje. Kad se gondola polegla na zemlju, ustanovilo se da su Croce-Spinelli i Sivel mrtvi.

Nijemci *Arthur Berson* i *Reinhard Süring* (Rajnhard Siring) uzdigli su se 1901. na visinu od 10 515 m. Nakon tog leta Süring je s pravom tvrdio da se veće visine neće doseći bez gondole koja će biti zatvorena.

Stratosferski slobodni baloni. Nepropusnu zatvorenu gondolu i stratosferski balon izumio je švicarski profesor *Auguste Piccard* (Ogist Pikar). On je izradio od aluminijskog lima nepropusnu kuglu s promjerom od 2,10 m. Jedna polovica kugle bila je crna, a druga srebrnastobijela. Crna će boja propuštati Sunčeve toplotne zrake, a bijela će ih odrazivati. Tako će se regulirati temperatura u unutrašnjosti kabine. U nju je Piccard smjestio instrumente za ispitivanje zraka, Zemljina magnetizma, kozmičkih zračenja i za istraživanje drugih pojava u svemiru. U kabini je bilo toliko sprava da su u nju jedva stala dva mala sjedišta za nj i za njegova asistenta *Kipfera*. Kao balast su uzeli 500 kg olovne sačme, kojom će usporavati spuštanje, a iznad kabine smjestili su velik padobran, koji će lagano spuštati kabinu ako se balon rasprsne. Budući da balon mora nositi kabinu i u stratosferi gdje je zrak rjeđi, treba na tim visinama da mu i volumen bude veći. Stoga je balon na zemlji bio napunjen samo do 1/7 sadržine, pa je prije polaska sličio na staru naboranu krušku. Za polazak je bio pripremljen u Augsburgu u južnoj Njemačkoj 26. V 1931.

Oba su istraživača ušla u kabinu, nepropusno su zatvorili ulaz i u 4 sata dali znak za polazak. S obruča su odriješeni konopi, i balon se počeo brzo dizati. Za nekoliko minuta doimao se kao golem zmaj koji za sobom vuče blistavo zrnce bisera.

Balon se pri zemlji kretao prema zapadu, ali u visinama je skrenuo na istok. Piccard nije skidao pogleda s instrumenata. Poslije dvadeset minuta upitao je Kipfera kolika je visina na visinomjeru. Instrument je pokazivao 15 781 m. Piccard nije mogao povjerovati da su se dizali brzinom od 50 km na sat. Upitao je zatim kolik je tlak. Kipfer je pogledao na barometar i uzbuđeno uzviknuo 76 milimetara!

Bilo je to deset puta manje nego na zemlji i znatno manje nego što su očekivali. Piccard je odmah shvatio da bi im se balon zbog slabog vanjskog pritiska mogao rasprsnuti i ne oklijevajući kazao Kipferu neka oprezno otvori ventil, ali je i dalje svojim instrumentima vršio važna mjerenja.

Uskoro se začuo zaplašen Kipferov glas: »Ventilsko uže se prekinulo!« — Brzo su ustanovili što se dogodilo. Balon se u stratosferi napuhnuo, prenapeo je uže kojemu je kraj bio namotan izvan kabine na bubnju, što se mogao okretati iznutra. Uže je od prenapetosti puklo, a kraj je visio daleko izvan kabine. Sad se više nisu mogli spustiti po volji. Mogli su točno izračunati kada

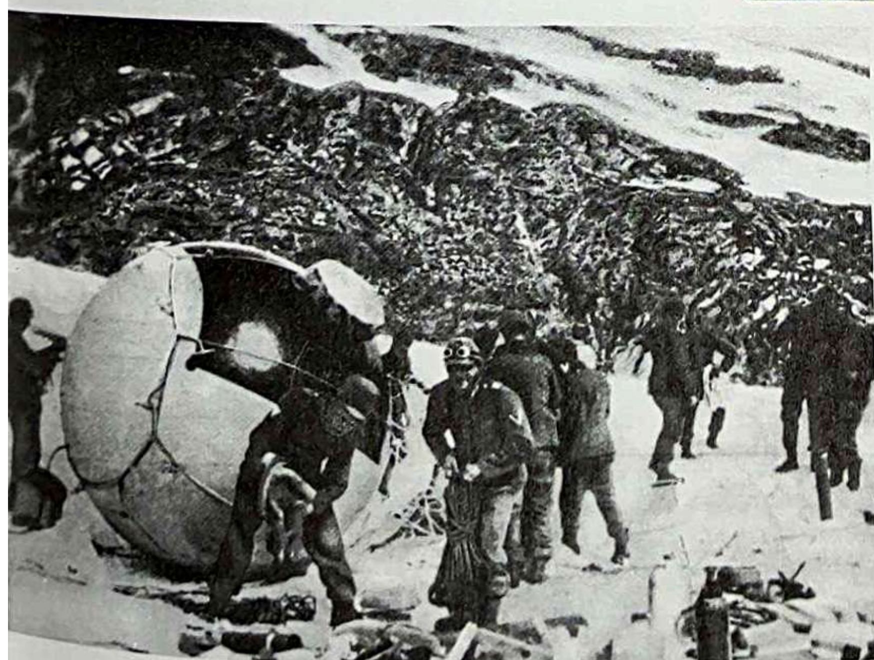
će se ugušiti zbog pomanjkanja kisika. Već su bili 16 sati u stratosferi. Kamo će ih odnijeti balon? U ocean, na polarni led ili na alpske vrhunce?

Međutim, balon se u visini ohladio i počeo je naglo propadati. Ispod njih su doista bile Alpe. Sad im je prijetila opasnost da se kabina ne razmrska na kakvoj litici. Brzo su ispuštali balast da zaustave vrtoglavo padanje. Srećom, balon je ušao u topliji zrak koji je znatno usporio njegovo padanje. Uskoro su osjetili udar, škripu metala i pucanje leda. Kabina je polegla na ledenik Obergurgl u Ötztalu (Ectalu) u Tirolskim Alpama. Prvi je prodor u stratosferu sretno svršio.

Moderni stratosferski baloni su golemi; zapremaju više od 100 000 m^3. Sovjetski balon *SSSR-1* od 100 000 m^3 dostigao je 1933. visinu od 19 000 m, a iduće godine digao se balon *Osoaviahim I* do 22 000 m, ali se pri spuštanju oštetio, i posada je poginula. U SAD balon *Explorer I* dostigao je 1934. visinu od 18 440 m, a 1935. *Explorer II* digao se na 22 066 m. Amerićani *M. Luis* (Lujs) i *M. Ross* uzdigli su se 1956. na 25 300 m, a kapetan *J. Kittinger* 1957. na 29 620 m. Major američkog zrakoplovstva *David Simmons* (Sajmons) digao se 20. VIII 1957. balonom od 85 000 m^3 na visinu od 31 089 m. Američki major Malcolm D. Ross nije dopustio da mu preotmu visinski rekord, pa se 4. V 1961. iz Meksičkog zaljeva digao do visine od 34 668 m, i to je dosad svjetski rekord visine za slobodne balone s posadom.

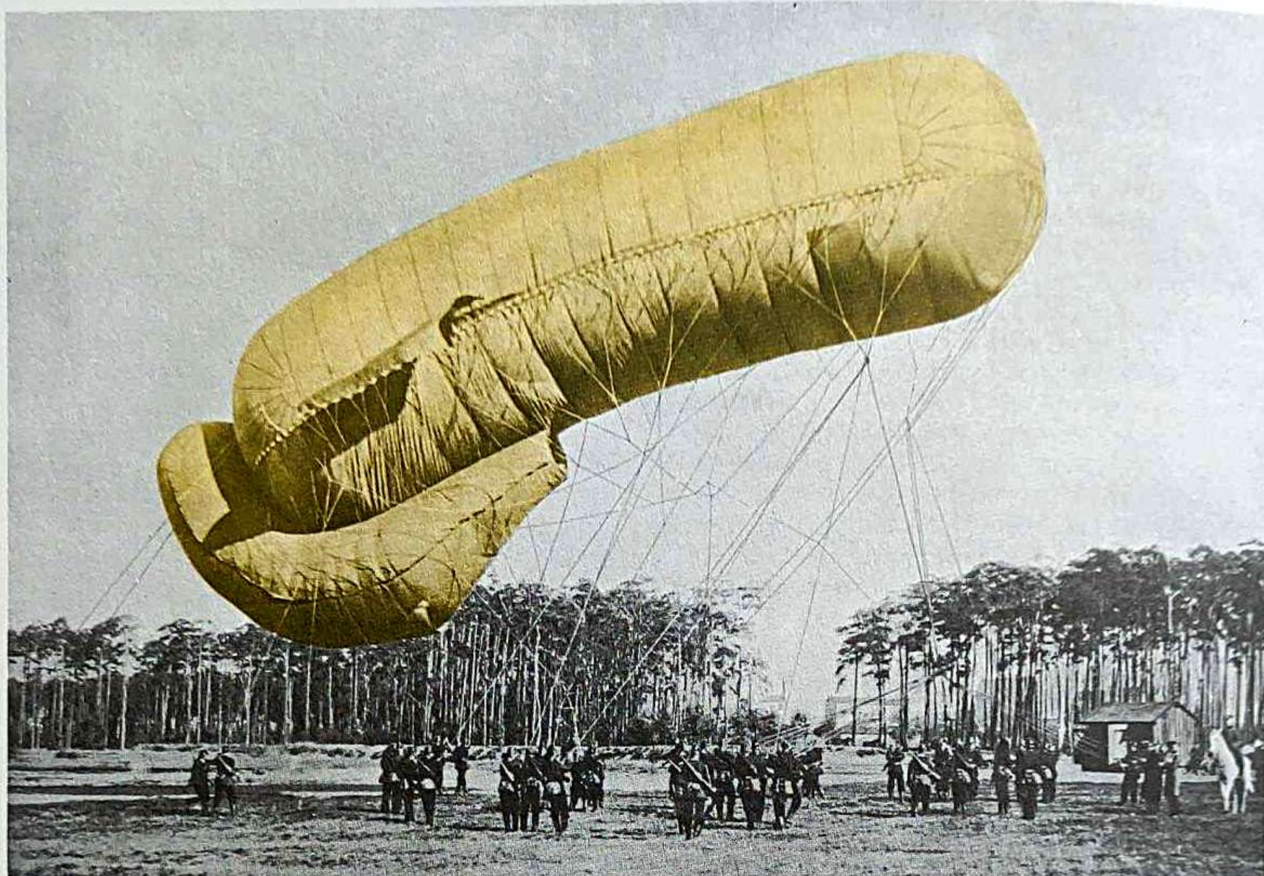


Dolje: gondola stratosferskog balona švicarskog profesora Augusta Piccarda srušila se 1931. na ledenik Obergurgl u Ötztalu u Tirolu





Američki liječnik major David Simmons digao se u nepropusno zatvorenoj gondoli 1957. na visinu od 31 089 m. Njegov se balon pri zemlji doimao kao poluprazna kesa. Kako je pri dizanju padao vanjski atmosferski tlak, tako se kesa nadimala. Na visini od 30 km postala je kuglom promjera od 60 m



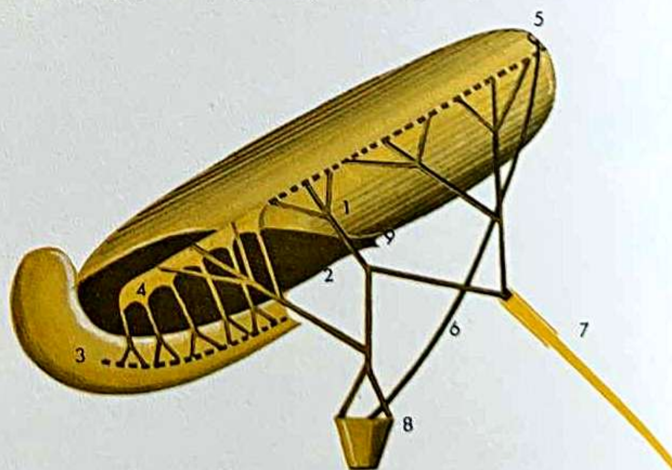
Njemački izviđački vojni privezani balon Parseval-Sigsfeld (1916)

PRIVEZANI BALONI

Francuski kapetan *Jirou Villet* (Žiru Vile) prvi je došao na pomisao da bi se balon mogao u ratu upotrijebiti za izviđanje. On je dugo nagovarao vojne starješine da iskoriste balon u tu svrhu. God. 1794. izrađen je balon *Entreprenant* (Antrprenan = Poduzetni) i za francusko-austrijskih borbi upotrijebljen privezan za izviđanje pri opsadi tvrđave Maubeuge (Mobež) u Flandriji. Iste godine u bitki kod Fleurusa (Flerisa) između Francuza i Austrijanaca francuski kapetan *Coutelle* (Kutel) izviđao je balonom i javljao neprijateljske pokrete pisamcima, koja je bacao iz košare u vrećicama pijeska. Iako su Austrijanci pucali na balon, on je ostao u zraku do kraja bitke i pridonio pobjedi.

Privezane balone Napoleon nije htio upotrebljavati. Stoga je prošlo pet desetljeća dok im je opet porasla važnost. Kad su Nijemci 1870. opkolili Pariz, upotrebljavali su se slobodni baloni za održavanje veze s vanjskim svijetom. Gradilišta balona podignuta su u velikim halama pariških kolodvora. Do siječnja 1871. pušteno je iz Pariza 66 slobodnih balona s posadom, 9000 kg pošte i 409 goluba listonoša, koji su donosili natrag odgovore.

Okrugao privezan balon nije bio pogodan za izviđanje. Malo jači vjetar pritiskao ga je na zemlju, plin je izlazio kroz rukavac, a košara se strahovito ljuljala i okretala oko privezanog konopa. Balon je postao pogodan za izviđanje tek kada su Nijemci *August Parseval* (Parzefal) i *Hans Sigsfeld* (Zigsfeld) izumili valjkast balon



Shematski nacrt izviđačkog privezanog balona iz 1916: 1. balon, 2. balonet, 3. zračna vreća, 4. stabilizatori, 5. balonski ventil, 6. ventilsko uže, 7. glavno privezno uže, 8. košara, 9. ventil zračne vreće

koji je lebdio koso u zraku. Vjetar ga više nije spuštao, nego dizao kao što diže dječji zmaj. Da bi balon bio uvijek uzdignutim krajem okrenut prema vjetru, namjestili su mu straga vreću s otvorom prema naprijed. U vreću je puhao vjetar i nadimao je. Da se balon ne bi njihao, prišili su mu sa strane blizu repa dva stabilizatora, kao neka krila. Zbog štednje plina, balon je straga za 1/3 ili 1/4 zapremnine bio pregrađen, i tako je u njemu nastao *balonet* koji je bio uvijek pun zraka. Kad se privezani balon hladi, plin se stišće, a balonet se širi, pa se vanjski oblik balona ne mijenja. Ako se zbog topline plin širi, balonet se stišće, iz njega izlazi zrak, ali plin iz prednje komore ne izlazi; oblik cijelog balona opet ostaje nepromijenjen, a plin se ne troši.

Izviđački privezani baloni upotrebljavali su se još i u drugome svjetskom ratu do 1945, ali sve rjeđe, uglavnom daleko od neprijatelja. Privezani baloni bez posade upotrebljavali su se u drugom svjetskom ratu kao avionske prepreke. Puštali su se u visinu privezani povrh gradova, tvornica, arsenala, usidrenih ratnih brodova u lukama itd. Zbog njih su neprijateljski avijatičari bili prisiljeni da se dižu u velike visine, odakle je bilo teže pogoditi ciljeve, i odakle se nisu mogli izbaciti torpedi na brodove. Danas se oni više ne mogu upotrijebiti jer bi ih brzo uništili protuavionski topovi, lovački avioni i upravljivi projektili raketnih oružja.



Švicarac Balthasar A. Dunker iz Berna nacrtao je 1800. balon jedrenjak, napunjen vrućim zrakom i nazvao ga »lebdećim gradom budućnosti«. »Grad« je prema njegovom projektu imao potpunu ratnu opremu, logor, topove, balon, padobran, dalekozore, crkvu i kapelu, a ispod trupa stražarske kućice, vidilicu i bačvu s gorivom za grijanje zraka

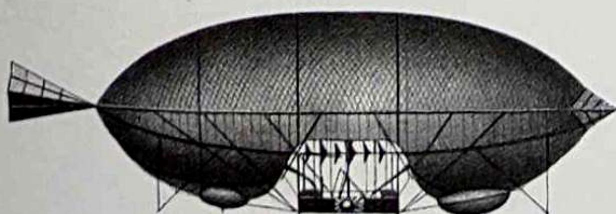
UPRAVLJIVI BALONI

Nakon izuma balona oduševljeno se govorilo i pisalo o osvajanju zračnog oceana. Pravili su se planovi o prekomorskim putovanjima, o osvajanju polova i o zračnim invazijama, ali poslije nekoliko godina oduševljenje je splasnulo. Mnogi su se pitali da li balon može biti uopće prijevozno sredstvo kad je prepušten ćudi vjetrova. Najviše su bili razočarani Parižani. Iz opkoljena grada 1870. pušteno je 66 balona u nezaposjednutu Francusku, ali se nijedan nije mogao vratiti. Stoga je razumljivo da je za gradnju upravljivih zrakoplova najviše učinjeno u Parizu, gdje je balonstvo bilo najrazvijenije.

Mnogo se neobičnih izuma pojavilo i u drugim krajevima. Danas nam se svakako najsmješnijim čini balon jedrenjak Minerva što ga je nacrtao belgijski fizičar *Robertson*.

Desno: Bečanin Jacob Kaiserer je pomišljao da bi se slobodni balon mogao gibati neovisno o vjetru, kad bi ga vukla ptičja sprega

Englez William Scott izradio je 1851. balon s dva baloneta, jedan na prednjem, a drugi na stražnjem kraju. On je izmjeničnim punjenjem i pražnjenjem prednjeg i stražnjeg baloneta mogao nagibati zrakoplov u uzdužnom smjeru i tako ga potiskivati prema naprijed







Plod nezrele mašte: četverokatna fregata iz 1785. naoružana topom

Lunardi je 1785. pokušavao veslima ploviti neovisno o vjetru



Mongolfijer je 1783. s dva putnika lebdio više od dvadeset min.





Uspjeli balon braće Montgolfier iz 1783. ispunjen vrućim zrakom



Mongolfijer je 1790. lebdio 2 sata sa stalnim plamenom u košari



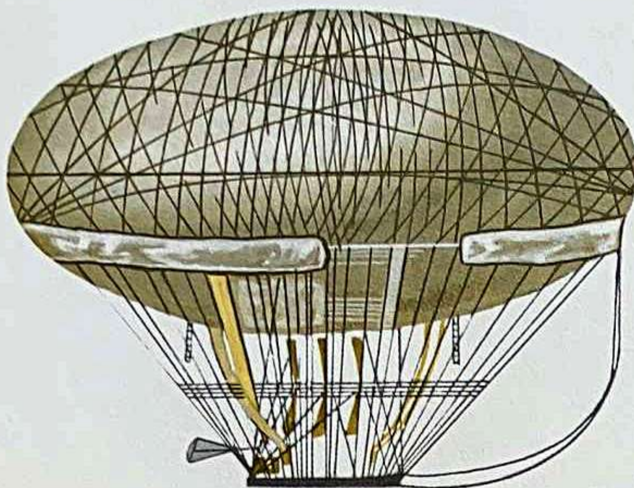
Šarlijer je 1788. četiri sata lebdio i dostigao visinu od 4300 m

POČETNI RAZVOJ SLOBODNIH BALONA

Papirnate balončiće i zmajeve punjene vrućim zrakom puštali su u zrak Kinezi prije 700 godina. Talijan Francesco Lana nacrtao je 1670. čamčić s 4 balona od limenih listića iz kojih bi se isisao zrak. Brazilac Bartolomeu Gusmao digao se 1709. u Lisabonu vrućim zrakom 2 m od zemlje. Engleski fizičar Henry Cavendish otkrio je 1767. vodik, a Joseph Blanck je 1776. savjetovao da bi se baloni mogli puniti vodikom. Talijan Tiberio Cavallo bez uspjeha je 1782. gradio takav balon



Kombinirani mongolfijer i šarlijer prevalio je iz Pariza 300 km

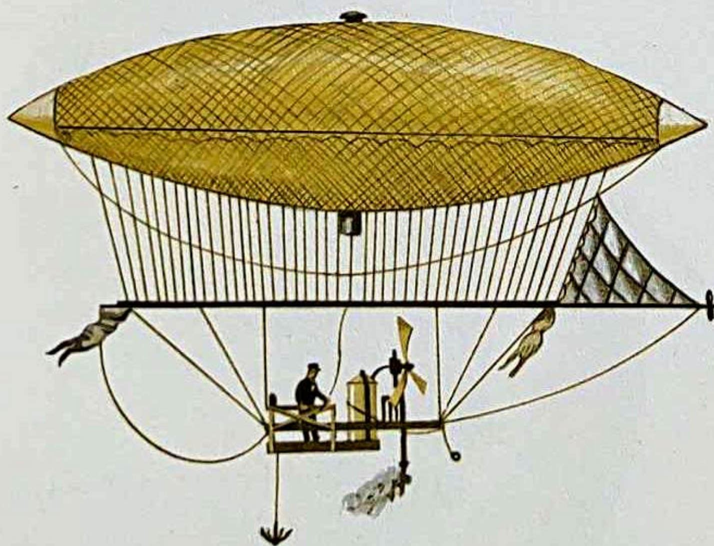


Prvi dobar nacrt upravljivog zrakoplova izradio je Francuz Baptiste Meusnier, ali 1783. još nije bilo stroja koji bi okretao elisu

On je kod svog balona počinio istu grešku kao i mnogi drugi jer se oslonio na morske brodove, a između njih i zračnih brodova golema je razlika. Morski brod pluta na nepomičnoj vodi, a jedra su izložena pomičnu vjetru, koji tjera brod naprijed, a krmilo u vodi upravlja brodom. Zračni je brod sav u zraku i putuje zajedno s njim, pa se jedra ne mogu napeti, nego uvijek vise mlohavo, a ni krmilo ne može djelovati jer se zrak oko njega kreće jednakom brzinom kao i brod.

Iz istih razloga besmislica su i bočni kotači što ih je 1786. postavio uz gondolu francuski balonac *Jean Testu-Brixy* (Testi-Briksi). Koliko donji dio kotača tjera gondolu naprijed toliko je gornji dio potiskuje natrag.

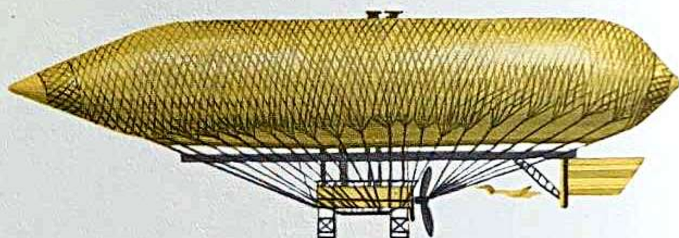
Englez *William Scott* (Skot) izradio je 1851. balon koji se temelji na ispravnoj zamisli. On je u



Henri Giffard je 1850. izradio dobar parostroj, a 1852. upravljivi zrakoplov. Uzletio je po vrlo žestoku vjetru, te iako nije mogao napredovati protiv vjetra on je dobro manevrirao i reagirao na krmilo

duguljast balon umetnuo dva baloneta, a izmjeničnim pražnjenjem i punjenjem prednjeg i stražnjeg baloneta mogao je nagibati čitav zrakoplov. Pri spuštanju nagnuo bi balon kljunom prema dolje, stoga bi se on pomicao koso prema naprijed. Nakon toga izbacio bi balast, a balonetima bi nagnuo zrakoplov kljunom prema gore, zrakoplov bi se dizao, ali istodobno bi se i kretao opet prema naprijed. Scottov zračni brod kretao bi se prema tome valovitim gibanjem prema naprijed. Njegov je zrakoplov gubio mnogo plina i balasta a ipak nije mogao nadvladati vjetar.

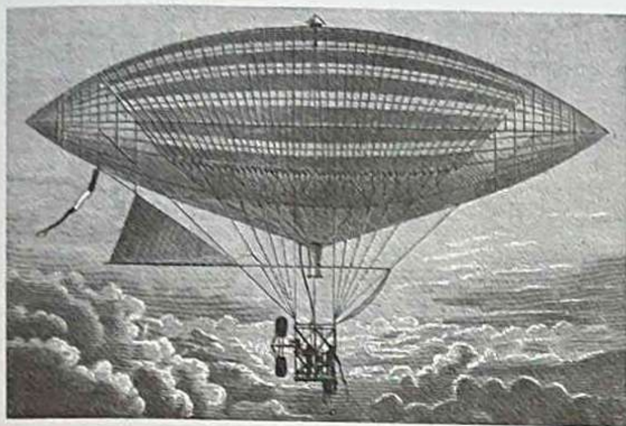
Prvi dobar prijedlog za upravljivi balon dostavio je 1783. Francuskoj akademiji znanosti inženjerijski poručnik *Baptiste Meusnier* (Batist Menje). Danas se moramo čuditi kako je taj mladi oficir, samo šest mjeseci poslije Montgolfierovih pokusa u Annonayu, shvatio na koji način treba opremiti balon da bi se pretvorio u upravljiv zrakoplov. On je u izvještaju Akademiji napisao da balon treba imati jajolik oblik kako bi otpor zraka pri kretanju bio manji, da mora biti uvijek dobro napet i krut, stoga je predvidio dvostruk trup, a međuprostor je ispunio zrakom.



Paul Haenlein je 1872. izradio u Beču zrakoplov napunjen rasvjetnim plinom. Tjerala su ga dva Lenoirova plinska motora, a rasvjetni plin dovodio se iz balona. Zrakoplov se vrlo brzo praznio i propadao je, jer su još neusavršeni motori trošili veoma mnogo plina

Prema tome se Meusnier prvi dosjetio da balon treba držati uvijek u istoj napetosti s pomoću zraka. Na temelju te zamisli kasnije su se u balon ugrađivali baloneti. Ispod balona visjela je duguljasta gondola poput čamca, a povrh nje bile su smještene tri dvokrilne elise. Meusnier nije nikad izradio takav zrakoplov jer je posve ispravno izračunao kako bi najmanje 80 ljudi moralo okretati elise da bi se zrakoplov mogao kretati onolikom brzinom kakva je potrebna da bi na nj moglo djelovati krmilo. Da je u to doba postojao bilo kakav pogonski stroj, Meusniera bismo danas zvali izumiteljem upravljivoga zračnog broda.

Strojarski inženjer *Henri Giffard* (Anri Žifar) izradio je 1850. parostroj kojemu se radna osovina okretala velikom brzinom, pa je bio znatno lakši od ostalih strojeva jednake snage. Poslije dvije godine izradio je zrakoplov dug 44 m, s promjerom od 12 m i sadržinom od 2500 m^3



Tissandier je u zrakoplov ugradio Siemensov elektromotor od 1,5 KS i bateriju od 200 kg, jer još nije bilo električnih akumulatora

plina. Preko gornje polovice bila je prebačena mreža, koja je nosila 20 m dugu oblicu, a na njezinu prednjem kraju bilo je učvršćeno krmilo. Jedini je nedostatak njegovu balonu bio što nije imao baloneta. Parostroj od oko 13 KS, težak (s kotlom) 150 kg, imao je uspravan cilindar, a duga ojnica okretala je trokrilnu elisu promjera od 3,4 m sa 110 okretaja u minuti. Dimnjak je bio okrenut prema dolje, a propuh se u kotlu dobivao ispuhom pare iz cilindra kroz unutrašnjost dimnjaka. Giffard je uzletio 24. IX 1852. po žestoku vjetru. Iako nije mogao ploviti protiv vjetra, zrakoplov je ipak dobro reagirao na krmilo.

Ni drugi zrakoplov što ga je dovršio 1855. nije imao baloneta, i zbog toga umalo da Giffard nije poginuo. Novi je zrakoplov bio dug 70 m, ali promjer mu je iznosio samo 10 m. Sadržina mu se kretala oko 3200 m³. Zrakoplovom se dobro upravljalo, ali je ubrzo omlohavio zbog gubitka plina. Giffard i njegov suputnik morali su hitro otvoriti ventil i spustiti se na zemlju. Pri udaru gondole o tlo ispala su oba putnika, rasterećen se balon digao do oblaka, neko je vrijeme letio sam, a zatim je pao u šumu.

Giffard ni nakon te nesreće nije sustao. Vršio je pokuse s privezanim balonima pa je 1879. na svjetskoj izložbi u Parizu izložio golemi privezani balon, kojim su se posjetioci izložbe mogli dizati za 1 franak. Kad se 1882. pripremao da izradi zrakoplov od 50 000 m³ sa dva parostroja teška 30 t, izgubio je vid, pa se od očaja otrovao.

God. 1872. izradio je u Beču *Paul Haenlein* (Henlajn) cilindričan zrakoplov sa zaoštrenim krajevima. U gondolu je ugradio dva Lenoirova motora na rasvjetni plin, koji se dovodio u motore iz balona. Zrakoplov se kretao vrlo malom brzinom i brzo se praznio jer su neusavršeni motori trošili mnogo plina.

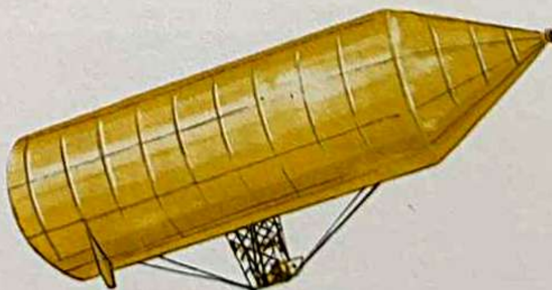
Francuz *Gaston Tissandier*, koji je preživio nesreću u slobodnom balonu kad su umrli Sivel i Croce-Spinelli, ugradio je u gondolu Siemensov elektromotor od 1,5 KS. Električnu struju davala je električna baterija teška 200 kg, ali samo za 2½ sata pogona (tada još nije bilo akumulatora). Tissandier se uzdigao 1883, letio je dva sata i izvršio dva zavoja. Time je dokazao da se zrakoplovom može upravljati, ali dalje je pokuse napustio jer su ga drugi izumitelji pretekli.

Francuski kapetan *Charles Renard* (Šarl Renar) izradio je uz pomoć svojih drugova model zrakoplova i njime pridobio moćnog diktatora Leona Gambettu da mu dade pomoć od 200 000 franaka. God. 1884. izradio je zrakoplov *France* (Frans), koji je zadivio čitav svijet. Zrakoplov je imao oblik cigare, bio je dug 50 m, širok 8,5 m, sadržavao je 2000 m³ plina, imao je balonet, gondolu dugu 33 m i dvokrilnu elisu s promjerom od 7 m koju je tjerao elektromotor od 9 KS. Struju je davala baterija triput lakša od Giffardove.

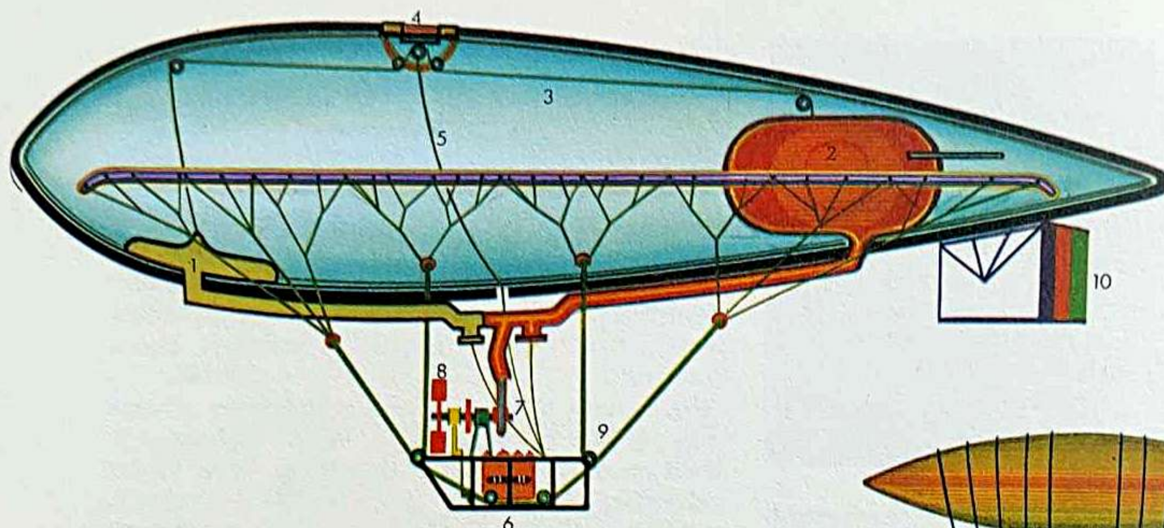
Renard je 9. VIII 1884. za posve tiha vremena krenuo s balonskog uzletišta u Parizu brzinom od 20 km na sat, oplovio je osmicu dugu 7,5 km i poslije 23 minute vratio se natrag na uzletište. Velik događaj proslavljen je širom svijeta, ali uskoro se ustanovilo da se zrakoplovom može upravljati samo za potpune tišine. Već na idućem pokusu zrakoplov se morao spustiti daleko u zavjetrinu. Od 7 putovanja 5 puta se vratio na uzletište, ali uvijek samo po tišini.

Svi su stručnjaci uvidjeli da upravljivost zrakoplova zavisi u prvom redu o snazi motora. Stoga punih 15 godina nitko nije u Francuskoj ni pokušavao graditi zračni brod.

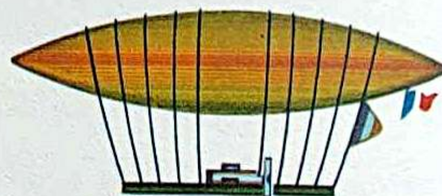
Njemački inženjer dr *Wölfert* (Velfert) prvi je za pogon zrakoplova upotrijebio Daimlerov benzinski motor od 10 KS. Taj je motor smjestio u gondolu ispod slobodnog balona pa je tako letio nekoliko puta. Međutim, 12. VI 1897. iz motora je suknuo visoko uvis plamen, balon se zapalio i eksplodirao, a Wölferta i njegova mehaničara našli su pougljene na zemlji blizu Berlina. Ova su dva pionira i prve žrtve upravljivih zrakoplova.

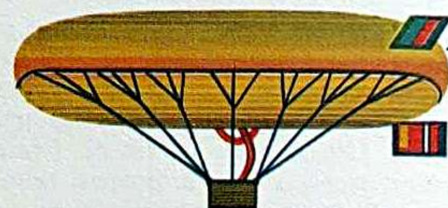


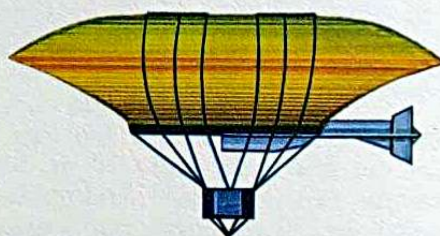
Zagrepčanin David Schwarz izradio je u Berlinu prvi metalni zrakoplov na svijetu od 0,5 mm debelog aluminija. Zrakoplov se uzdigao i tjeran Daimlerovim motorom od 12 KS prevalio 7 km, a zatim se raspao



Shematski presjek trećeg Parsevalovog zrakoplova iz 1909: 1. prednji balonet, 2. stražnji balonet, 3. samokretno uže, 4. ventil, 5. ručno ventilsko uže, 6. benzinski motor, 7. ventilator za punjenje baloneta zrakom, 8. polukruta platnena elisa, 9. klizno uže, 10. krmilo







Gore: Santos-Dumont je 1901. upravljivim zrakoplovom uzletio iz Saint Clouda, oplovio Eiffelov toranj u Parizu i vratio se na isto uzletište. Ispunio je uvjete natječaja i dobio raspisanu nagradu

Sredina: prvi Parsevalov zrakoplov iz 1907. s malo krutih dijelova

Dolje: Julliotov pulukruti upravljivi zrakoplov »Lebaudy II« iz 1905.

Nakon te nesreće izradio je Zagrepčanin *David Schvarz* (Švarc) u Berlinu 47 m dug i 13 m širok zrakoplov od 0,5 mm debela aluminijska lima. U gondoli je smjestio Daimlerov benzinski motor od 12 KS. Međutim, Schwarz je učinio jednu grešku. Čitav zrakoplov je izradio kao jednu posudu sadržine od 3700 m^3. Kad se trup ohladio, u unutrašnjosti se smanjio volumen plina, nastala je djelomična praznina, a vanjski atmosferski tlak stisnuo je tanak trup iako je bio ojačan rijetkim rebrima. Balon se raspuknuo kao da je bio od papira. Pao je poslije 7 km prevaljena puta, a izumitelj koji se u njemu nalazio bio je samo lakše ranjen.

Potkraj prošlog stoljeća postao je zbog smionih vratolomija ljubimcem Parižana *Alberto Santos-Dumont* (portug. Šantuš-Dumont, franc. Santo Dimon), sin bogatoga brazilskog veletrgovca kavom. On je bez ikakva tehničkog znanja izradio 15 zrakoplova. Čim bi s jednim pao, izradio bi drugi, a pratila ga je sreća da nije nikada bio ni teže ozlijeđen. Bio je niska rasta i težak samo 55 kg, što je za balonstvo u to doba bilo dosta važno. Prvim zrakoplovom od 200 m^3 pao je na šumu pokraj Pariza. Drugim je 1894. nekoliko puta kružio iznad grada, ali za jednoga hladnog dana zrakoplov se 1898. naglo ohladio i stisnuo, a ventilator nije mogao dovoljno brzo puniti balonet. Pao je na granje botaničkog vrta, i zrakoplov se posve slomio. Sredinom 1900. Santos-Dumont je već plovio petim zrakoplovom koji je imao Daimlerov motor od 12 KS i mnogo jači ventilator, ali je i ovog puta pao, udario u palaču Trocadero i ostao nagnut.

Godine 1901. obećao je bogati industrijalac *Henry Deutsch de la Meurthe* (Anri Deič de la Mert) nagradu od 125 000 franaka onom zrakoplovu koji će prvi krenuti s uzletišta u Saint Cloudu (Sen Kluu), unaprijed određenog dana, bez obzira na vremenske prilike, oploviti u zraku Eiffelov toranj i u roku od 30 minuta vratiti se natrag na uzletište. Santos-Dumont je 19. X 1901, iako mu je motor dva puta gotovo prestao raditi, izvršio taj let u vremenu od 29 minuta i 30 sekundi pa je tako dobio nagradu.

Polukruti zrakoplovi. Francuski inženjer *Albert Julliot* (Žilio), koji je bio zaposlen u šećerani braće *Paula* i *Pierra Lebaudyja* (Pola i Pjera Lebodija), bavio se mišlju da izradi velik zrakoplov nove vrste, koji će biti sastavljen od balona u obliku cigare, od rešetkastog krutog dna s kobilicom od metalnih cijevi i gondole s bočnim elisama. Kruto dno bit će ugrađeno u balon i ono će mu dati potrebnu čvrstoću. Budući da će gondola visiti samo na krutom okviru, balon

neće biti izvrgnut nikakvim naprezanjima. Julliot je nagovorio braću Lebaudy i oni su mu dali potrebna sredstva za gradnju zrakoplova. On je izradio zrakoplov *Lebaudy I* dug 56 m, širok 10, sa zapremninom od 2300 m^3 i benzinskim motorom od 40 KS što je tjerao zrakoplov brzinom od 36 km na sat. Polukruti Julliotov zrakoplov na pokusnoj vožnji tako je dobro plovio da se taj dan smatra danas početkom novog razdoblja u povijesti zrakoplova. Lebaudy I letio je uspješno 29 puta, a uništila ga je oluja koja ga je zanijela na rub jedne šume.

Julliot je već 1905. dovršio polutvrdi zrakoplov *Lebaudy II*, koji se pokazao tako dobar da ga je otkupila francuska vojska. Ona je otad usavršavala upravljive zrakoplove u vojne svrhe. Julliotov uspjeh ponukao je i druge države na gradnju upravljivih polukrutih zračnih brodova.

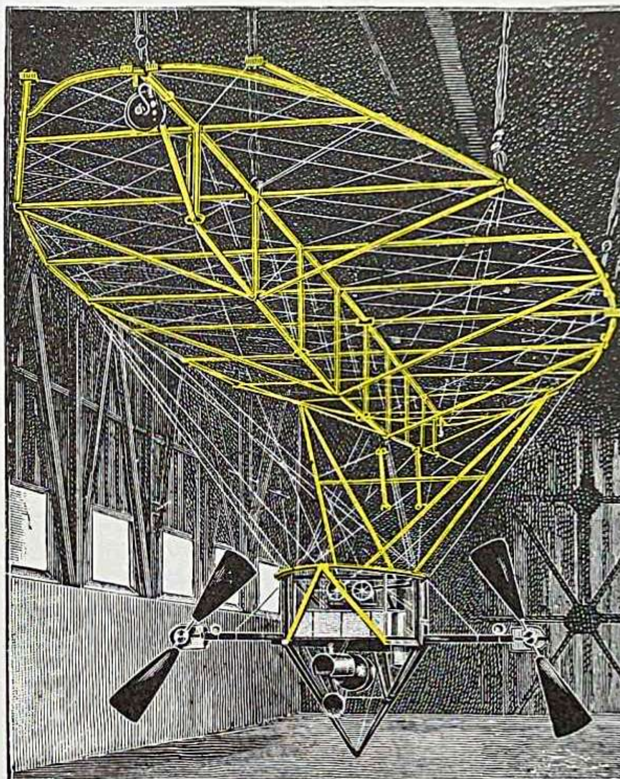
Nakon Julliotova uspjeha sa zrakoplovima Lebaudy u Njemačkoj je generalštab dao izraditi prvi polutvrdi zrakoplov *M I*, a nakon toga izrađena su još tri zrakoplova iste vrste. Zrakoplov *M II* preletio je 1909. put od 600 km za 16½ sati. Zrakoplov *M IV* imao je dvije gondole i snagu motora do 400 KS.

Gotovo istodobno počeo je graditi upravljiv zrakoplov i *August Parseval*. Njegov je prvi zrakoplov bio posve mek i tako izrađen da se mogao spustiti na svakom tlu kao slobodni balon otvaranjem šava. Jedini kruti dio bila je gondola s motorima. Čak ni elise nisu bile krute; imale su četiri krila od tvrda platna. Krila su visila mlohavo, a opružila bi ih centrifugalna sila tek kad su se okretala.

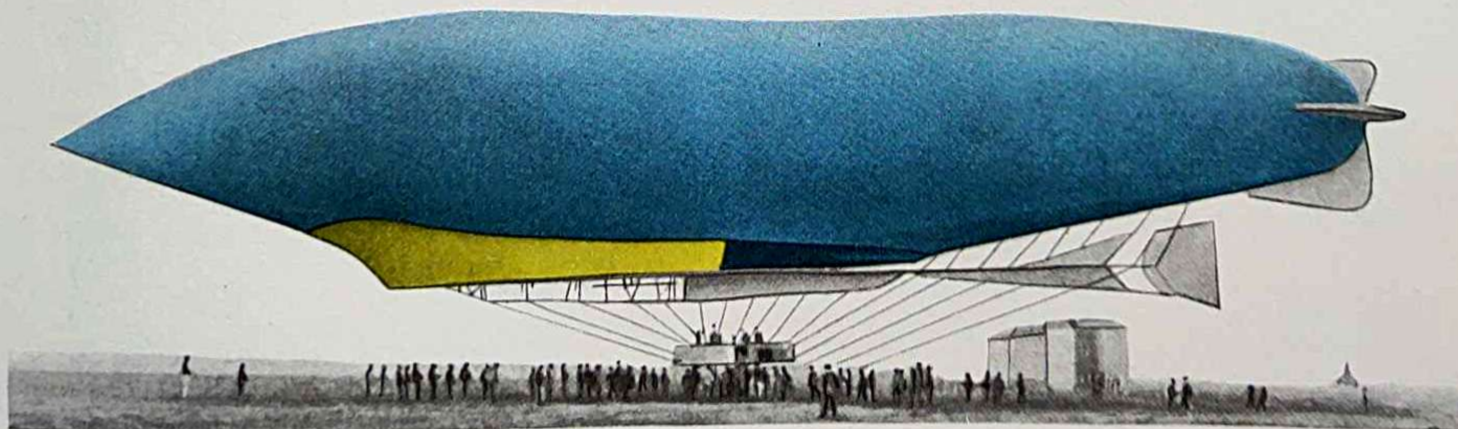
Zrakoplov *Parseval I* imao je dva baloneta međusobno spojena konopom, koji je prolazio kroz ventil. Kad bi unutrašnji tlak plina toliko porastao da bi se oba baloneta potpuno stisnula, konop bi se napeo, i ventil bi se otvorio prije nego bi zaprijetila opasnost da se zrakoplov rasprsne. Punjenjem baloneta s pomoću ventilatora i ispražnjivanjem zrakoplov se mogao nagibati, tj. dizati i spuštati.

Parseval je kasnije izrađivao sve veće zrakoplove koji su imali sve više krutih dijelova. Njegov zrakoplov *Parseval XIX* bio je polukrut, u obliku kaplje, sa zatvorenom kabinom, sa dva motora i dvije četverokrilne drvene elise.

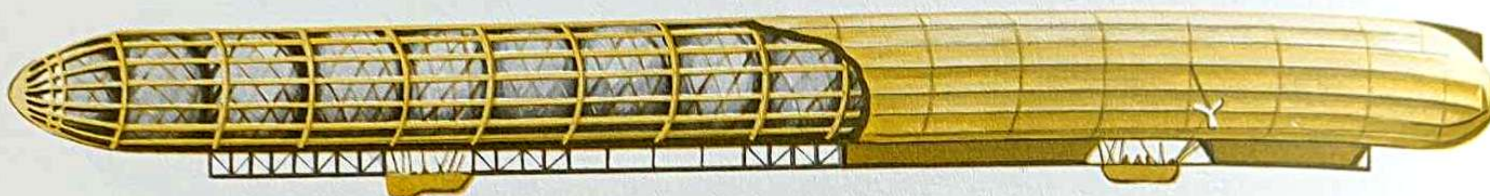
Zračni brodovi. Grof *Ferdinand Zeppelin* (Cepelin) kao mlad oficir promatrao je iz daljine slobodne balone koji su se dizali iz opkoljena Pariza i nošeni vjetrom odlazili prema zapadu.



Okosnica dna od aluminijskih cijevi na Julliotovom upravljivom zrakoplovu »Lebaudy II« s motorom i dvije elise na zajedničkoj osovini



Prvi Julliotov vojni polukruti zrakoplov »La Patrie« iz 1906. Duljina 60 m, promjer 10,3 m, sadržaj 3600 m^3 vodika, motor od 70 KS. Krstario je dvije godine oko Pariza. Preplovio u Verdun 240 km za 7 sati. Na vježbi 1907. u oluji držalo ga je 120 vojnika cijelu noć. U zoru iznenadni mah vjetra otrgnuo ga je iz ruku vojnika i odnio ga, bez posade, preko Irske na pučinu Atlantika gdje mu se izgubio trag



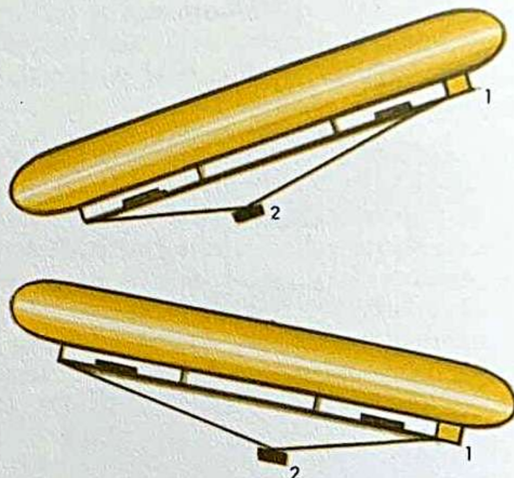
U cepelinovom trupu vodik je bio smješten u više nezavisnih balona. Ako se trup ošteti i probuši jedan ili dva balona, vodik u ostalim balonima daje dovoljno uzgona da cepelin može još lebdjeti

Pri tom su mu se mozgom vrzle misli kako bi i Njemačka morala graditi balone, ali takve kojima bi se moglo upravljati. Čitao je i pratio uspjehe i neuspjehe svih dotadašnjih zrakoplovaca, a najviše graditelja francuskih polukrutih zrakoplova. Kad je 1891. kao general penzioniran, iskoristio je slobodno vrijeme da crta planove zračnog broda nove vrsti koji bi mogao ukrcati više izviđača, krenuti iz baze na zračno putovanje od nekoliko dana duž čitava fronta, bez obzira na vjetar i vremenske prilike, krstariti gdje je najvažnije i vratiti se u svoju bazu a da ne mora opterećivati vojne komore u pozadini, koje su ionako morale prevoziti mnogo različna ratnog materijala.

Kako Zeppelin nije bio tehničar, uposlio je 1892. inženjera *Kobera*, koji mu je izvršio potrebne proračune, a 1895. zajedno s njim dovršio je planove zračnog broda krute gradnje. Balon je imao kostur od aluminija ovijen nepropusnim pamučnim platnom. U unutrašnjosti je trup bio podijeljen pregradama na više prostorija, a u svakoj je bio po jedan nepropusni balonet napunjen vodikom. Čitav zračni brod težio je gotovo 10 000 kg, a kako 1 m^3 vodika daje samo oko 1 kg uzgona, morala je sadržina svih baloneta iznositi najmanje 10 000 m^3.

Trup Zeppelinova zračnog broda, koji se po njemu nazvao *cepelin*, bio je dug 128 m, sastavljen od 24 uzdužna rebra koja su svršavala sprijeda i straga u aluminijskoj kapici, te od 16 poprečnih rebara koja su imala oblik dvadesetčetverokuta. Ispod trupa visile su na razmaku od 50 m dvije gondole, a u svakoj je bio po jedan Daimlerov motor od 15 KS. Za upravljanje imao je cepelin usmjerna krmila na prednjem i na stražnjem kraju, a za visinsko upravljanje imao je vodoravno krmilo i u sredini između gondola pomični olovni uteg koji se mogao po čeličnu užetu premještati naprijed-natrag. Njime se cepelin mogao nagibati kljunom prema gore ili prema dolje.

Zračni brod se gradio u hangaru na velikoj drvenoj splavi koja je plutala usidrena na Bodenskom jezeru uvijek okrenuta u smjeru vjetra. Tako se golemi zračni brod mogao izvući iz hangara uvijek niz vjetar. Gondole su imale dvostruko dno u kojemu je bila balastna voda.



Prva dva cepelina upravljala su se po visini pomičnim utegom, koji je bio obješen na konopu ispod trupa. Kad se uteg pomakao prema naprijed, cepelin je ponirao, a kad se premjestio prema natrag, zrakoplov se prednjim krajem uzdigao i dizao: 1. krmilo, 2. uteg

Zeppelin I bio je spreman za uzlet ujutro 2. VII 1900. Oko 20 000 gledalaca čekalo je strpljivo na čamcima i brodićima da vide uzlet, ali su se nakon dugog čekanja oko podne razišli. Zračni brod je izvučen iz hangara tek oko 19 sati. Pošto je ispuštena voda iz dvodna u gondolama, brod se digao oko 30 m, lebdio je nekoliko minuta, zatim se spustio na jezero, a jedan parobrodić ga je opet uvukao u hangar. Unatoč slabu uspjehu Zeppelin je bio oduševljen jer se njegov zračni gorostas podigao, a to je bio znak da su proračuni bili dobri. Nakon izvršenih poboljšanja zrakoplov je uzletio još dva puta, kružio je povrh jezera 27 min., ali se tada morao spustiti zbog gubitka plina.

Taj je zrakoplov Zeppelin morao napustiti jer više nije imao novaca za ponovno punjenje. Proteklo je punih šest godina dok je skupio dovoljno sredstava za gradnju drugog zrakoplova.

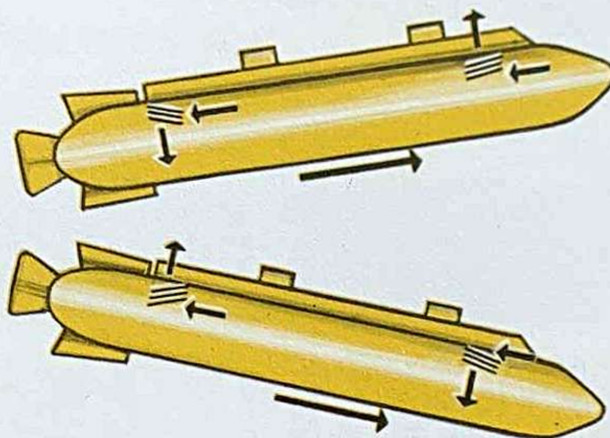
Zeppelin II bio je jednako dug, ali čvršći i opremljen sa dva motora od 85 KS. Taj je zračni brod uzletio 1906, ali se zbog kvara na motoru morao spustiti na suprotnoj obali jezera, gdje se toliko oštetio da se morao raskomadati.

Svojim trećim zračnim brodom uzletio je Zeppelin dva puta i prevalio uspješno 110 km, ali za treći uzlet opet nije imao više plina ni novaca da ga nabavi. Međutim, tada mu je vlada dala dovoljno sredstava da je mogao sagraditi novi plovni hangar i četvrti zračni brod, koji je dovršen potkraj 1907.

Zeppelin IV nekoliko je puta uzlijetao, a jednom je plovio zrakom neprekidno 8 sati brzinom od 50 km na sat. Poslije mjesec dana žestoka oluja uništila je hangar i toliko oštetila zrakoplov da se morao raskomadati.

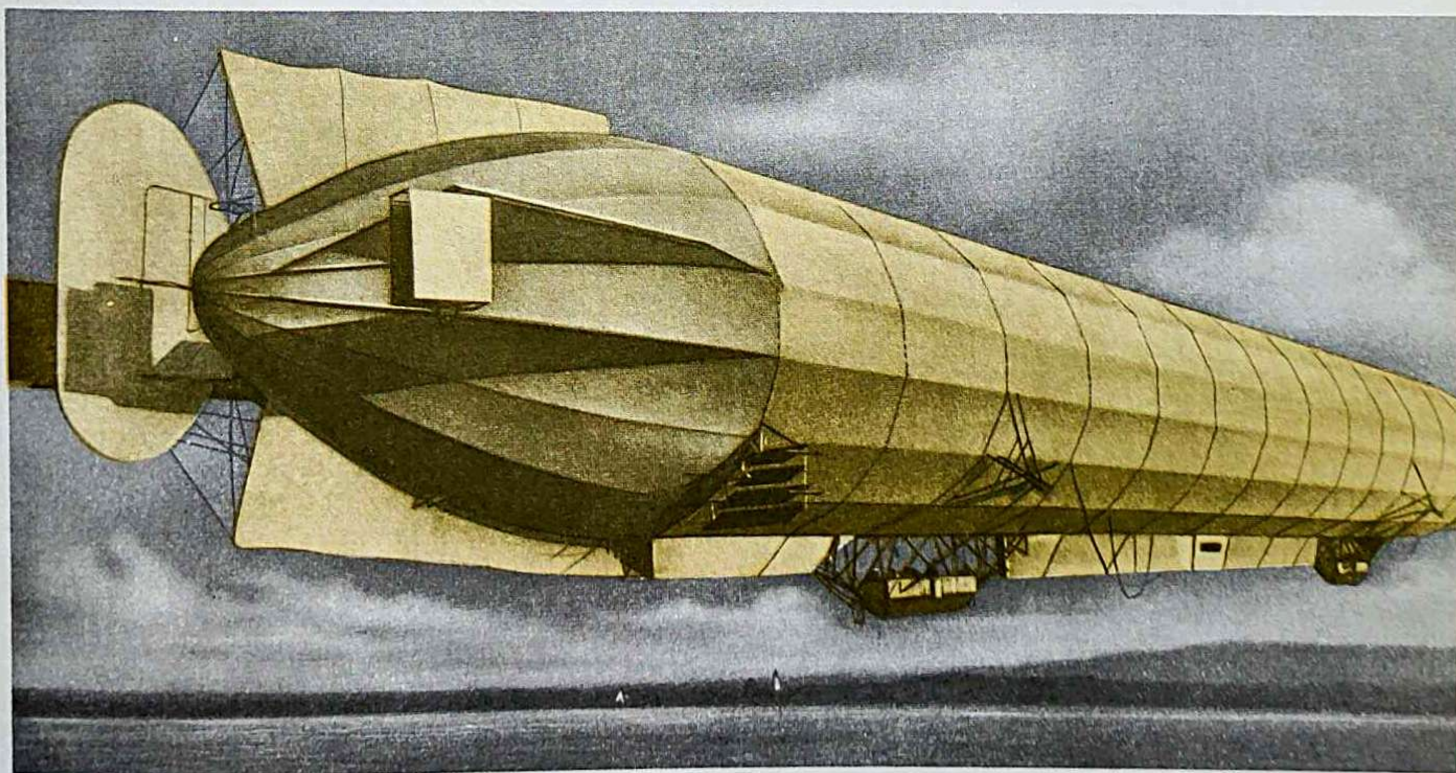
Novi zrakoplov *Zeppelin V*, dug 136 m, s promjerom od 13 m i sadržinom od 15 000 m^3, uzdigao se 1. VII 1908. u Friedrichshafenu (Fridrihshafenu) na Bodenskom jezeru. Tjeran sa dva motora od po 110 KS prešao je gotovo čitavu Švicarsku od sjevera na jug, te se poslije 10 sati zračne plovidbe vratio u svoju bazu. Nakon nekoliko dana krenuo je na dugu vožnju jer je njemačka vojska ponudila da će ga otkupiti ako bude plovio neprekidno 24 sata. Zeppelin V krenuo je iz baze prema zapadu niz Rajnu. Preletio je Basel (Bazl), Strasbourg (Strasbur), Mannheim (Manhajm) i Mainz (Majnc), i svagdje ga je stanovništvo oduševljeno pozdravljalo. U Mainzu je okrenuo natrag, ponovno je preletio Mannheim, a zatim Stuttgart, ali kod Echterdingena (Ehterdingena) zatekla ga je žestoka oluja, koja ga je najprije podigla visoko povrh oblaka, a zatim pritisla na tlo, gdje se na stablima oštetio. Malo poslije toga pojavio se bijeli plamičak, koji je munjevitom brzinom obišao golemi trup, i zrakoplov je pred očima spašenih putnika izgorio.

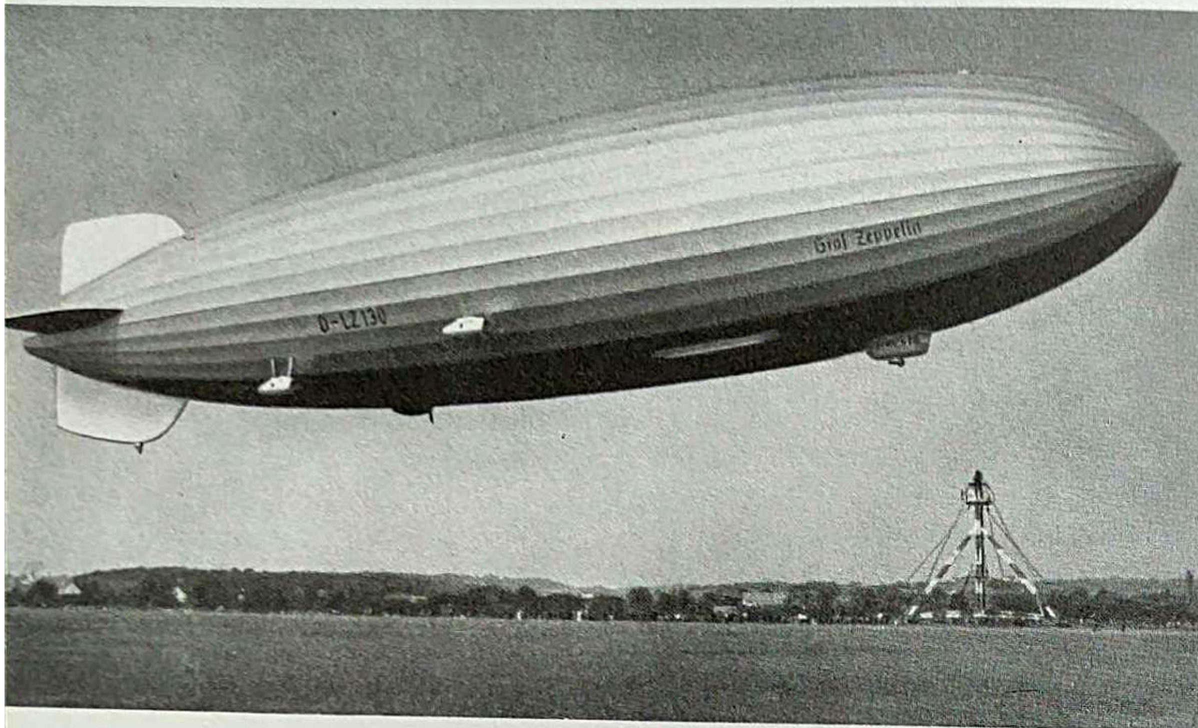
Sad je već sav narod bio uza slavnog izumitelja, i kad je oglašeno skupljanje dobrovoljnih priloga za šesti zračni brod, Zeppelin je u 10 dana dobio toliko novaca da je u Friedrichshafenu mogao podići i tvornicu zračnih brodova. Svi su se cepelini otad gradili na trošak vojske, a 1910. osnovano je i zrakoplovno trgovačko društvo, koje je uskoro sagradilo prvi putnički cepelin *Deutschland* (Dojčland) od 19 000 m^3. Taj se cepelin srušio već na prvoj vožnji. Od njegovih dijelova sagrađen je drugi zračni brod, koji je izgorio već u hangaru. Kasnije je sagrađeno još nekoliko putničkih cepelina, od kojih su tri: Hansa, Viktoria Luise i Sachsen (Zaksen) od 1910. do 1914. izvršili 1600 vožnji i prevezli 40 000 putnika.



Stariji cepelini upravljali su se po visini vodoravnim krmilima

Dolje: »Zeppelin V« iz 1907. Duljina 136 m, promjer 13 m, zapremnina 15 000 m^3 vodika, pogon dva benzinska motora od 110 KS, brzina u mirnom zraku 70 km na sat, nosivost 12 ljudi, gorivo za 20 sati leta



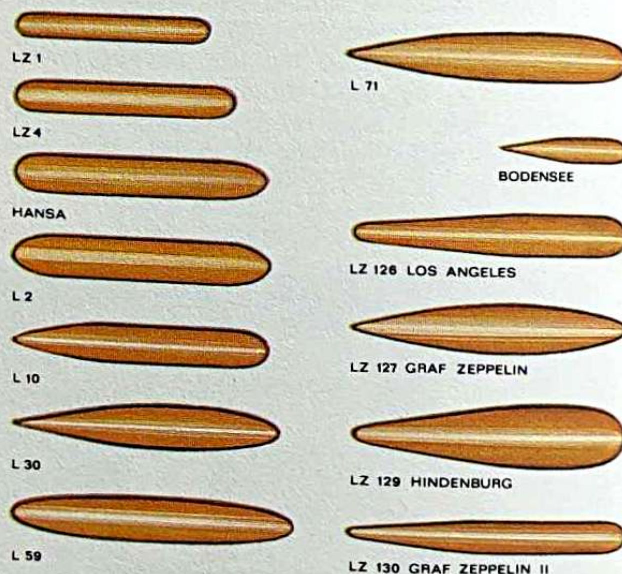

Upravljivi zrakoplov »Graf Zeppelin«. U pozadini na četiri gusjeničara četveronožni jarbol, o koji se priveže kljun broda na uzletištu

Profesor brodogradnje na tehničkoj visokoj školi u Danzigu (Dancigu) *Johannes Schütte* (Šite) i bogati industrijalac *dr Karl Lanz* (Lanc) podigli su blizu Berlina drugu tvornicu zračnih brodova, koje je Schütte gradio koristeći se iskustvima stečenim pri gradnji morskih brodova. Ti su zrakoplovi tipa *Schütte—Lanz* bili tako dobri da su se po uzoru na njih kasnije gradili svi zračni brodovi u Njemačkoj i u inozemstvu. Poslije Njemačke najviše su uspjeha dostigle Francuska, Velika Britanija i SAD.

Za rata od 1914. do 1918. u Njemačkoj je bilo sagrađeno vrlo mnogo cepelina koji su se upotrebljavali najviše u ratnoj mornarici za izviđanje engleskih luka. Najveći je bio *LZ 113*. dug 211,5 m, s promjerom od 23,9 m i sadržinom od 62 000 m^3. U šest gondola imao je 7 Maybachovih motora s ukupno 1820 KS, koji su ga tjerali brzinom od 130 km na sat.

U ratu se osobito istakao cepelin *LZ 59*. On je 1917. otplovio iz Jambola u Bugarskoj u Njemačku, Istočnu Afriku s municijom i lijekovima za njemačke vojnike koji su se borili protiv Britanaca u toj koloniji. Kad je stigao do Khartuma (Hartuma) u Sudanu, cepelin je dobio radio-telegrafsku zapovijed da se vrati natrag jer se njemačka vojska predala. Zračni brod je okrenuo natrag i sretno stigao u Jambol poslije 96 sati neprekidne plovidbe i 6816 km prevaljena puta prosječnom brzinom od 71 km na sat.

Poslije rata Njemačkoj je bilo zabranjeno graditi cepeline, ali kasnije joj je dopušteno da može izrađivati trgovačke zračne brodove. Prvi trgovački zračni brod *Bodensee* izgrađen je 1919. God. 1924. dovršen je *LZ 126*, sagrađen na ime ratne odštete za SAD. Taj je brod bio dug 200 m.



Povijesni razvoj upravljivih zrakoplova od 1900. do 1932. Posljednji njemački zrakoplov »Hindenburg« izgorio je 6. V 1937. u Lakehurstu. U ovom pregledu nisu obuhvaćeni američki i sovjetski zrakoplovi

Imao je promjer od 27,6 m, sadržinu od 70 000 m^3, 5 gondola i 5 Maybachovih motora od 400 KS. Mogao je doseći brzinu od 127 km na sat. Nosio je goriva za 110 sati neprekidne plovidbe i posadu od 28 ljudi. Imao je prostorije za 24 putnika, krevete za spavanje, kuhinju i blagovaonicu. Taj je cepelin otplovio iz Friedrichshafena 12. X 1924. te je nakon 81 sat i 17 min. plovidbe i 8150 km prevaljena puta stigao u New York i Lakehurst (Lejkharst) u SAD prosječnom brzinom od 100 km na sat. Zračni brod

je predan američkoj mornarici, koja mu je dala ime *Los Angeles* (Enđeles).

God. 1928. dovršen je *Graf Zeppelin* (zračni brod *LZ 127*) dug 235,5 m kojim je 1929. *Hugo Eckener* (Ekener) u 20 dana 4 sata i 45 min. obletio svijet prevalivši 11 247 km puta prugom Friedrichshafen — Tokyo — Lakehurst — Friedrichshafen. Izvršio je još nekoliko dugih putovanja u Južnu Ameriku, jugoistočnu Evropu i Malu Aziju, a 1937. preletio je Sjeverni pol.

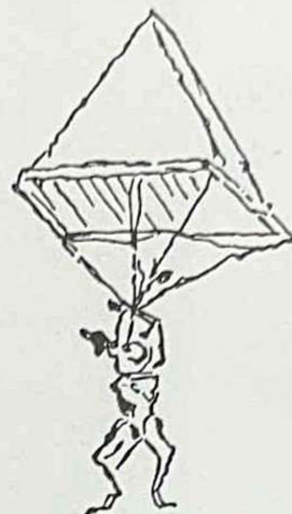
Osim Njemačke poslije 1918. najviše zračnih brodova izgradile su SAD. Američki zračni brod *Akron*, dovršen 1931. dug 239 m, sa zapremninom od 184 000 m^3, mogao je prevaliti 17 000 km, a bio je punjen neupaljivim plinom helijem. Budući da je britanski zračni brod *R 101* izgorio zbog eksplozije vodika, Njemačka je prestala graditi zrakoplov *LZ 128* koji je trebalo puniti vodikom, a 1932. sagradila je *LZ 129 Hindenburg*, dug 248 m, punjen sa 200 000 m^3 helija. Taj je zračni brod bio opremljen sa 4 dizel-motora ukupne snage od 3400 KS. Hindenburg je izgorio za pristajanja 4. V 1937. u Lakehurstu (SAD).

Iako su se posljednji zračni brodovi punili veoma skupim plinom helijem, ipak ih je veći dio stradao od požara. Stoga su se uskoro prestali graditi trgovački i vojni zrakoplovi gorostasi jer su se već razvili avioni. Ostalo je nekoliko manjih zračnih brodova koji se upotrebljavaju za vojničke svrhe, najviše za izviđanje i traženje podmornica na oceanskoj pučini, ali i oni se sve više napuštaju. S razvojem brzih aviona velike daljine letenja, hidroaviona i helikoptera takvi se vojni zračni brodovi sve manje upotrebljavaju pa se i rijetko grade.

Moderni zračni brodovi spuštaju se na desetak metara povrh tla na aerodromima koji su opremljeni visokim pomičnim jarbolima što se kreću po aerodromu s pomoću gusjenica. Zračni brod približi se tlu, a onda se preda nj doveze pomični jarbol i za nj se priveže kljun zračnog broda. Zrakoplov se zatim odvuče u hangar, koji se može okretati oko svoje osi tako da je ulaz uvijek usmjeren niz vjetar. Na moru se zračni brodovi privezuju uz jarbol osobitih brodova koji im se dodjeljuju kao matica.

Zanimljivo je da se danas, u doba nadzvučnih aviona opet počinju graditi upravljivi zrakoplovi jer se ustanovilo da se njima mogu najsigurnije i najjeftinije prevoziti vrlo dugi i osjetljivi strojevi, instrumenti, sprave i rakete a da se ne moraju prije transporta rastavljati. Pri prevoženju zračnim brodom najmanja je opasnost da će se osjetljivi tovar oštetiti od udara ili vibracija.

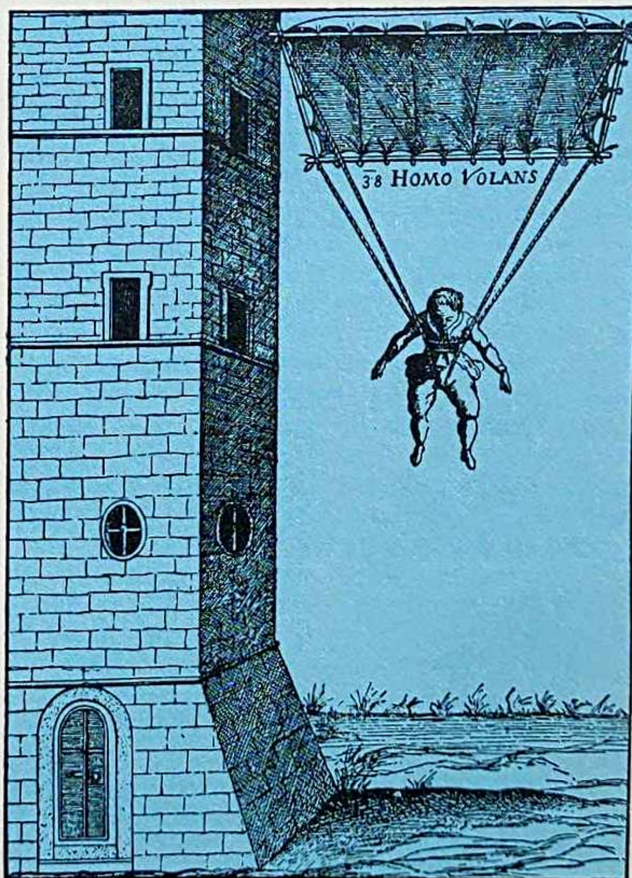
Neki stručni pisci misle da bi se već sada mogli graditi upravljivi zračni brodovi na nuklearni pogon. Na takvim brodovima mogli bi se reaktori dobro oklopiti i smjestiti daleko od putničkih kabina. Njihova bi daljina letenja bila veoma velika.



Talijanski slikar, kipar, graditelj i učenjak Leonardo da Vinci (1452—1519) nacrtao je potkraj XV stoljeća prvi padobran i napisao da se čovjek bez opasnosti može spustiti s bilo koje visine, ako povrh glave drži platneni krov, kojemu je svaka stranica duga oko dvanaest lakata

PADOBRANI

Leonardo da Vinci napisao je u svojim bilješkama potkraj XV st. da se čovjek može slobodno i bez opasnosti spustiti s bilo koje visine ako povrh glave drži platnen krov kojemu su stranice duge dvanaest lakata. Uz tu bilješku nacrtao je sličicu koja prikazuje padobran u obliku četverobridne piramide kojoj su stranice na osnovici izrađene od drvenih oblica, iz uglova se spuštaju četiri konopa privezana za kratku motku, a nju drži čovjek rukama povrh glave.



Šibenčanin Fausto Vrančić (1551—1617), pod imenom Faustus Verantius opisao je padobran u knjizi koja je odštampana u Veneciji 1617. On je izumitelj padobrana, prvi ga je izradio i njime se spustio



Sada se padobranima mogu spuštati u neprijateljsku pozadinu divizije vojnika s opremom, oružjem i lakim vozilima

Izumiteljem padobrana smatra se arhitekt, učenjak i umjetnik *Fausto Vrančić*, podrijetlom Hrvat, koji je živio u Veneciji. On je pod imenom Faustus Verantius (Verancijus) napisao knjigu De macchine nuove (De makine nuove = = O novim strojevima), koja je 1617. odštampana na latinskom, talijanskom, francuskom, španjolskom i njemačkom jeziku. U njoj je među ostalim izumima opisao i nacrtao čovjeka koji se spušta padobranom s neke kule. I njegov je padobran bio četverostraničan. Vrančić je doista pravi izumitelj padobrana jer ga je konstruirao, izradio i njime se prvi spustio s tornja u Veneciji.

Etienne Montgolfier spustio se 1777. s krova roditeljske kuće u Annonayu padobranom, koji je sam konstruirao, prije nego što je izumio balon. Nakon toga morao je obećati ženi i roditeljima da neće više ponavljati takve opasne pokuse. Obećanje je održao, ali je u Avignonu usavršavao padobrane i 1779. spuštao njima različne životinje. Montgolfierov padobran bio je okrugao, a ispod njega je visila košarica privezana sa dvanaest konopa.



Od otvaranja padobrana, pa dok se kupola posve nadme, proteknu 3 sekunde. Pri otvaranju padobrana osjeti se jak trzaj, koji može ozlijediti padobranca ispod remena i oštetiti padobran. Stoga se za skokove s vrlo velikih visina i velikim brzinama dodaju još 1—2 pomoćna padobrana, koji ublažavaju trzaj. Prizemljivanje treba uvježbavati, osobito pri vjetru, kad padobran treba hitro otkačiti, da ne vuče padobranca po zemlji. Otvoreni se padobran spušta obično brzinom od pet do sedam metara u sekundi

Pokuse s padobranom vršio je i *Sébastien Lenormand* (Lenorman) koji se uspješno spustio s tornja zvjezdarnice u Montpellieru (Monpeljeu). Njegov je padobran bio čunjast, s promjerom u osnovici od 4,5 m.

Blanchard se 1784. uzdigao u Parizu u gondoli slobodnog balona povrh kojega je bio stalno razapet okrugao padobran. Kasnije je on putovao od grada do grada i uzdizao se balonom, a iz visine bi bacio psa privezana za smotan padobran koji bi se otvorio tek u padu. Za te svoje predstave ubirao je ulaznice. Za jedne takve priredbe u Delftu u Nizozemskoj balon se u zraku iznenada ugrijao, i zaprijetila je opasnost da se rasprsne. Blanchard je otvorio ventil, ali plin je presporo izlazio. Kopljem zastave probušio je na nekoliko mjesta balonski plašt, plin je naglo izlazio, i balon je počeo padati. Blanchard je ispustio sav balast, odrezao je konope i odbacio gondolu, a kako ni to nije pomoglo, skočio je padobranom koji se na vrijeme otvorio. Tako je on prvi zrakoplovac koji se u opasnosti spasio padobranom.

Slične predstave priređivao je i *Jacques Garnerin* (Žak Garneren). On bi između gondole i balona privezao složen padobran, u visini bi odriješio balon, koji bi uzletio uvis, a Garnerin bi s gondolom padao. Padobran bi se ubrzo otvorio, i padobranac bi se neozlijeđen spustio na tlo. Za jedne takve priredbe u Londonu, kad se Garnerin spustio s visine od 1500 m, padobran se nagibao desno-lijevo i na mahove tako snažno ljuljao da je košara dolazila gotovo u vodoravan položaj.

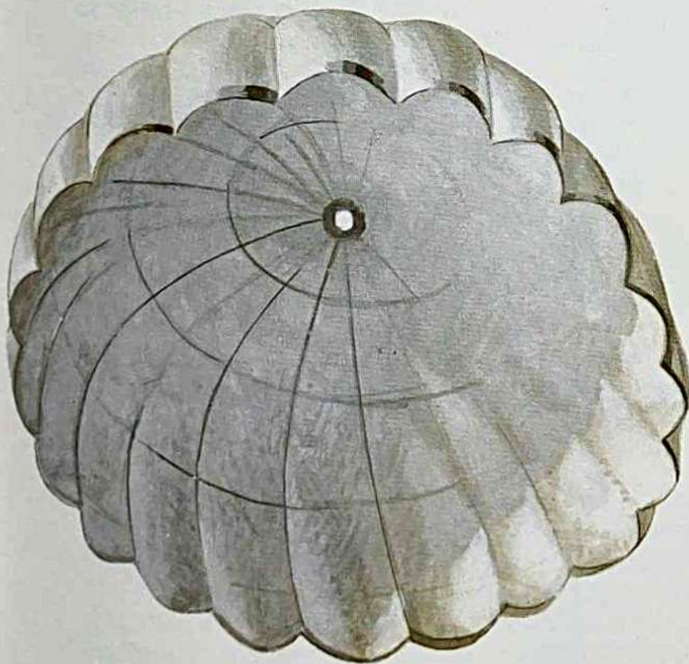
Nitko nije znao objasniti zašto se Garnerinova košara tako njihala i zašto se ljuljaju, iako blaže, i drugi padobrani. Uzrok toj pojavi otkrio je

1782. astronom *Joseph Lalande* (Laland). On je pokazao što treba uraditi da se ljuljanje otkloni. Ispod polukuglasta padobrana pri spuštanju se skuplja zrak, koji se sve više zgušnjava. Kako konopi drže rubove padobrana napete prema dolje, stlačen zrak ne može otjecati drugim putem nego preko padobranskih rubova, i to čas preko jedne čas preko druge strane. Zbog toga se padobran nagiba. Lalande je preporučio da se na vrhu padobrana izradi otvor s površinom od oko 40 cm. Stlačen zrak tada može otjecati kroz otvor, i takav se padobran spušta posve mirno, a malen otvor na vrhu ne ubrzava spuštanje. Padobrani se otad izgrađuju s otvorom na vrhu a oblik im više nije polukugla, nego su dublji.

I u povijesnu razvoju padobrana bilo je dosta lutanja i zabluda. Tako npr. u Engleskoj zrakoplovci nisu vjerovali u Lalandeove zaključke i nisu se usudili usred padobrana ostaviti otvor za otjecanje zraka. *Robert Cocking* (Koking) je predložio da se izradi čunjast padobran okrenut naopako, tj. vrhom prema dolje jer će tada zrak još bolje otjecati, a široka će ploha ipak zadržavati pad. Iskušao je djelovanje nekoliko takvih malih padobrana, i kako mu se učinilo da se oni spuštaju mirno i okomito, uzdigao se 1837. ispod balona čuvenog zrakoplovca *Charlesa Greena* (Čarlza Grina) u Londonu. Na visini od oko 700 m Cocking je odriješio uže, padobran je pojurio prema dolje, zrak je sklopio čunj i nesretnik se smrskao na zemlji.



Izvanredno smioni skakači s visina, tzv. ljudi ptice, nose na podlakticama metalne narukvice s krilcima. Uz potkoljenice su im pričvršćeni metalni stabilizatori. Između ruku i nogu razapeta su platnena krilca, koja se pri spuštanju nadmu. Na grudima nose smotan padobran s visinomjerom i automatskim otvaračem. U kacigi je kino-kamera, koja automatski snima panoramu tla na film od 8 mm



Prvi su se padobrani pri spuštanju neugodno ljuljali i nitko nije znao uzrok toj pojavi. Tek je 1782. astronom Joseph Lalande dokazao da zgusnuti zrak ispod padobrana ne može otjecati drugim putem nego preko padobranskih rubova, čas s jedne čas s druge strane i zbog toga se padobran ljulja. Lalande je preporučio da se na vrhu padobrana izradi otvor, kako bi zgusnuti zrak mogao otjecati kroz sredinu polukugle. Padobrani se otad izrađuju s otvorom na vrhu, a oblik im nije polukuglast, nego nešto dublji. Otvor na vrhu padobrana otklonio je ljuljanje, a da ipak nije povećao brzinu spuštanja

Moderni se padobrani izrađuju od svile i upotrebljavaju se ne samo kao sredstvo za spasavanje iz balona i aviona nego i za spuštanje ljudi, živežnih namirnica, oružja pa čak i topova ili motornih vozila koja se mogu spuštati sa dva ili tri padobrana povezana zajedno. S pomoću padobrana vrše se i zračni desanti, tj. mnoštvo naoružanih padobranaca spušta se na neprijateljsku obalu ili u neprijateljsku pozadinu iza fronta.

Na nekim današnjim lovačkim i drugim avionima pilotovo je sjedište uređeno tako da je u slučaju opasnosti dovoljno samo utisnuti jedno dugme pa da osobita sprava izbaci pilota zajedno sa sjedištem i složenim padobranom daleko izvan aviona kako se ne bi ozlijedio o krila ili o avionski trup. Padobran se otvori tek kasnije kada se već pilot nalazi podalje od aviona.

Padobrani se danas upotrebljavaju i za zaustavljanje brzih aviona pri njihovu spuštanju na sletnu stazu i nekih mlaznih trkaćih automobila



Najčuveniji i najsmioniji »čovjek ptica« Gil Delamare, snimljen u slobodnom poniranju, na visini od 2000 m. Spuštao se brzinom od 35 m u sek., a planiranjem s pomoću krilaca udaljivao se od okomice više od 1 km. Tuđom krivnjom poginuo je strmoglavim padom 1966.

kad ih treba što brže zaustaviti prije kraja staze, što se samim kočnicama ne može postići. Pri zaustavljanju avion i automobil ispusti iza sebe privezan padobran, koji se brzo rastvori i otporom zraka snažno usporava kretanje.

S pomoću padobrana vrše se različni takmičarski skokovi, a dva padobranca su 1962. preletjela kanal La Manche, jedan iz Francuske u Englesku, a drugi u obratnom smjeru. Padobrance koji su rastvorili padobrane zaletom na obali teglili su u kosu položaju brzi motorni čamci preko Kanala. Za takve prelete potrebna je velika vještina jer padobranac mora zatezanjem konopa upravljati padobranom tako da lebdi pravilno poput zmaja.

Leteći čovjek. Ni u XX st. nije zaboravljen mit od Dedalu i Ikaru iako je mnogo »ljudi ptica« svršilo nesretnim padovima i smrću. Nijemac *Adolf Reichelt* (Rajhelt) smrskao se 1936. pošto je skočio s krilima s Eiffelova tornja u Parizu. Kanađanin *Clem Sohn* (Klem San) poginuo je 1937. u Vincennesu (Vensenu), Englez *James Williams* (Džem Williems; živio pod franc. imenom Jean Niland, č. Žan Nilan) poginuo je 1938. u Lons-le Saulnieru (Lon 1 Solnijeu). *Léo Valentin* (Valanten) nekoliko je puta uspješno skočio iz aviona i letio platnenim krilima, ali je pri jednom skoku s aviona Dakota zahvaćen vrtlogom udario u rep aviona, slomio jedno krilo i kružeći oko drugog krila strmoglavio se u kovitlu na zemlju. Iduće su žrtve bili Švicarac *Rudolf Behlen* (Belen), Talijan *Salvatore Canarozzo* (Kanarozo) i Francuz *Guy Masselin* (Gij Maslen), koji je poginuo jer je prekasno otvorio padobran.

Danas su se strmoglavi letovi usavršili, pa se ponekad već priređuju i takmičenja u kojima jedan čovjek-ptica lovi drugoga u zraku. Smioni ljudi iskakivali su iz aviona sa dvije kinematografske kamere na šljemu i snimali propagandne filmove za padobranstvo. Francuz *Gil Delamare* (Žil Delamar) skočio je s visine od 9600 m bez maske i time osvojio visinski rekord te vrste. Delamare upotrebljava metalna krila aerodinamičkog oblika, skače iz aviona s visine od oko 3500 m, krilima koči padanje za oko 15%, spušta se brzinom od oko 35 m u sek. (brzina slobodnog pada kreće se od 45 do 70 m u sek.) i može se planiranjem udaljiti od okomice za oko 1 km. Padobran otvara na 500 m iznad tla. Padobranac *Jacques Dubourg* (Žak Dibur) snimio je uzbudljiv film na kojemu se vidi Delamare kako planira kroz zrak svojim metalnim krilima. Na žalost, i Delamare je 1966. poginuo, pri jednom osobito visokom skoku, jer mu se padobran prekasno rastvorio, tek 20 m iznad zemlje.

ROGALLOVO KRILO

Francis Rogallo (Frensis Rogelo), istraživač u američkoj ustanovi za aeronautička i astronautička istraživanja (National Aeronautical and Space Administration, č. Nešenl Eerenetikl end Spejs Edministrejšn), skraćeno *NASA* i upravitelj aerodinamičkog tunela u Langleyu (Lengliju) izumio je i iskušao u tunelu neobičnu letjelicu padobran samo s jednim krilom razapetim između tri čelična štapa koja su sprijeda spojena u zajedničkom zglobu. Krilo je izrađeno od 52 m² najlonskog platna i obloženo tankim slojem plastične mase. Amerikanci su tu letjelicu nazvali

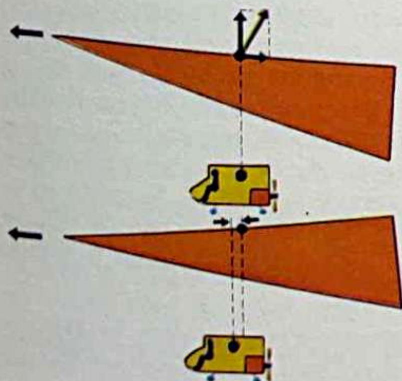
Flex-wing, a to je skraćeni naziv od Flexible Wing (Fleksibl Ving = sklopljivo krilo). Svojstva su Rogallova krila tako dobra da ga je tvornica Ryan (Rajen) opremila motorom od 180 KS. Rogallovo krilo izvršilo je samo 11 sati leta, i već ga je otkupila američka komanda za istraživanje vojnih prijevoznih sredstava.

Rogallovim krilom pilotira se premještanjem težišta prema središtu uzgona. Krilo leti vodoravno ako se težište i središte uzgona nalaze na istoj uspravnoj crti. Ako se težište pomakne naprijed, krilo se spušta, ako se premjesti natrag, krilo se diže. Pomicanjem težišta desno ili lijevo krilo se okreće udesno ili ulijevo. Krilom se može upravljati i natezanjem njegovih rogljeva. Ako se pritegne prednji rogalj, letjelica se spušta. Pritezanjem stražnjeg roglja, ona se diže, a spuštanjem desnog ili lijevog stražnjeg roglja, krilo se okreće desno ili lijevo. Pilotiranje je stoga vrlo jednostavno.

Vojska namjerava upotrijebiti takvu letjelicu za prijevoz tereta, jer jedan helikopter može tegliti tri ovakva krila, a ispod svakog po 10 t tereta. NASA proučava Rogallovo krilo kako bi se njime mogla vratiti raketa prvog stupnja kad se u njoj istroši gorivo. Njime bi se mogla vratiti na Zemlju i svemirska kapsula s kozmonautom koji bi se planiranjem mogao spustiti na određeno mjesto na kopnu, a ne u ocean kao do sada. Proučava se, na žalost, i upravljivi Flex-wing s raketnim pogonom kao leteća bomba. Prednost je Rogallova krila da se sklopljeno može lako prevoziti. Jedan vojni časopis piše da je Flex-wing pogodan i za nečujno spuštanje padobranaca komandosa iza fronte u neprijateljsku pozadinu.



Ako se Rogallovo krilo opremi lakim motorom, dobiva se veoma pokretljiv, lak i rastavljiv avion, koji može sletjeti na livadu i može se prevoziti posve malim kamionom

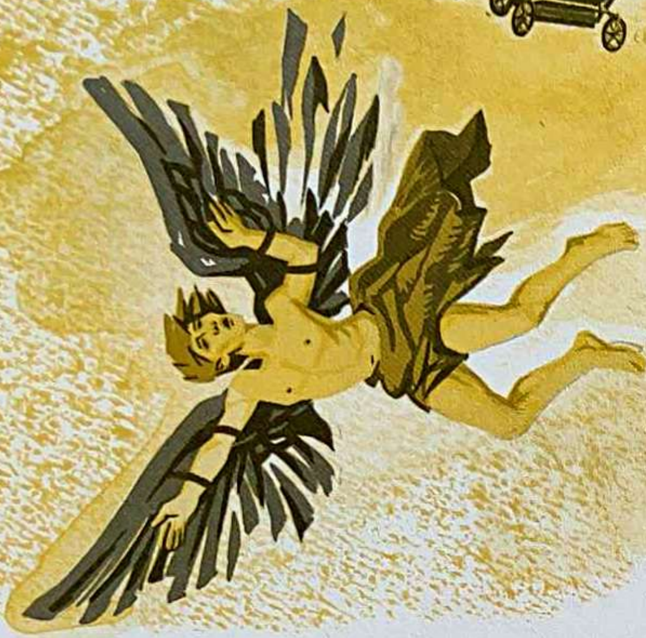


Rogallovim krilom pilotira se premještanjem težišta prema hvatištu uzgona. Kad se težište premješta desno, krilo se okrene udesno, kad se težište premješta lijevo, krilo se okrene ulijevo. Premještanjem težišta prema naprijed ili natrag krilo ponire ili se uzdiže

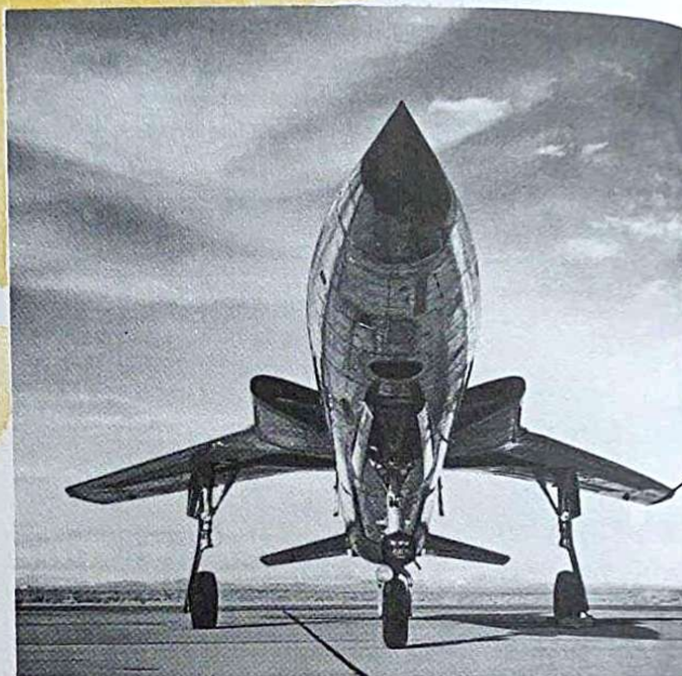


Desno: Rogallovo krilo, tegljeno helikopterom, može se upotrijebiti za prijenos tereta, a potiskivano raketom, može ponijeti uvis i spustiti na zemlju različite znanstvene meteorološke aparate





Američki lovac bombarder »Republic F-105 Thunderchief«, nazvan projektil s posadom, naoružan nuklearnom bombom

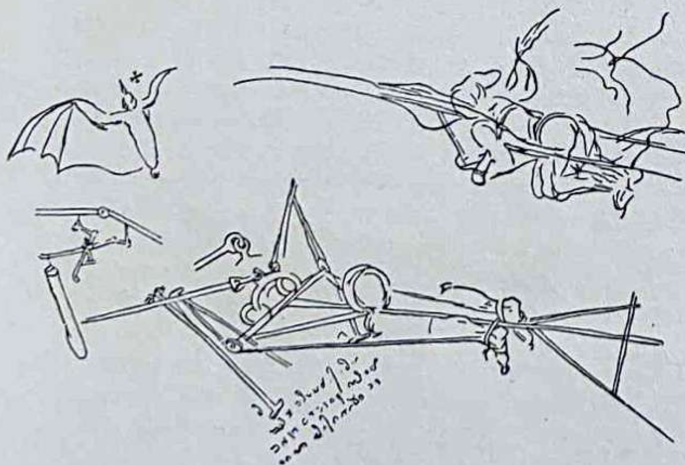


AVIONI

Avioni su zrakoplovi teži od zraka. Njima se ispunila davna čovjekova želja da poput ptica leti zračnim prostorom. Ta se želja očitovala u starim legendama i pričama mnogih naroda. Po takvim pričama mnogi se junaci ili moćni vladari spasavaju iz zarobljeništva, duboka ponora ili s vrha nepristupačne litice tako da uz leđa pričvršćuju krila i prelijeću sve zapreke. Najpoznatija je svakako legenda iz grčke mitologije o Dedalu i njegovu sinu Ikaru.

Dedal (grč. Daidalos = umjetnik) bio je po pričanju atički učenjak, izumitelj i umjetnik. Jednom je iz zavisti gurnuo s litice u ponor svoga odviše darovitog učenika. Od straha pred kaznom pobjegao je na otok Kretu, gdje je oko 2000. po nalogu kralja Minosa sagradio labirint, građevinu s tisuću hodnika, u kojoj je kralj dao zatvoriti neman Minotaura. Kad je kralj i Dedala zatvorio u labirint, Dedal je odlučio pobjeći s Krete, pa je sebi i svome sinu *Ikaru* načinio krila od perja slijepljena voskom. Savjetovao je Ikaru da leti polako i da se ne uzdiže odviše visoko. Pošto su uzletjeli, Dedal je letio oprezno, a Ikar se, razdragan, sve više uzdizao, približio se Suncu, vosak mu se na krilima rastalio i krila su mu otpala, a on se strovalio u more i utopio. Njegovo su truplo tek sutradan valovi iznijeli na žal.

Mnogo je ljudi pokušalo letjeti krilima što bi ih sami izradili, ali nijedan od njih nije poletio, a malo ih je nakon takvih pokušaja ostalo neповrijeđenih. I *Leonardo da Vinci* se 1488. bavio mišlju da izradi spravu za letenje. Sačuvali su se njegovi crteži i bilješke koje je pisao zdesna ulijevo tako da su se mogle čitati samo u zrcalu.



Leonardo da Vinci je 1488. izradio nacrte za spravu koja bi letjela snagom čovječjih mišica. Nacrti su se sačuvali, ali Leonardo nije nikad uzletio. Kažu da je krišom uzletio njegov sluga i poginuo

Tako je pisao jer se bojao inkvizicije. Prema svom nacrtu izradio je letjelicu, ali njome nije nikad ni pokušao uzletjeti.

Nakon svih neuspjelih pokušaja njemački fizičar *Herman Helmholtz* (Helmholc) stvorio je zaključak da čovjek ne može letjeti bez pomoći stroja. Velika ptica andski kondor teži 7,7 kg, a raspon krila ima 2,75 m. Kad bi deset puta teži čovjek i znao izraditi umjetna krila, ona bi razmjerno prema njegovoj težini morala imati raspon od 27 m, tj. bila bi tako velika da se ne bi mogla pokretati dosta brzo samom snagom mišića. Izumitelji su stoga tražili pomoć stroja.

Francuz *Emilien Trouvé* (Truvé) izradio je 1870. model letjelice s neobičnim strojem, težak 3,5 kg. Krila bi zamahnula onda kad bi se usred elastične cijevi, svijene u obliku slova U, ispalila patrona običnog pištolja. Tlak plinova u unutrašnjosti opružio bi cijev, a njezini bi krajevi potisnuli krila prema dolje. Trouvé bi pričvrstio na otvor usred cijevi 12 patrona, koje bi eksplodirale jedna poslije druge, i letjelica bi 12 puta zamahnula krilima. Njegov se model nekoliko puta digao do visine od 75 cm.

Njemački inženjer *Alfred Stenzel* (Štencl) izradio je 1897. umjetnu pticu s rasponom krila od 6,4 m. Malen motor od 3 KS na stlačenu ugljičnu kiselinu mahao je krilima 14 puta u sek. Kad su krila brzo mahala, čovjek je mogao jašući na toj spravi lebdjeti 2—3 sek. Stenzel je izvršio nekoliko uspješnih pokusa, ali je sprava uvijek bila pričvršćena o razapetu žicu. Da se odriješio, zacijelo bi se prevrnuo jer se sprava pri svakom zamahu krila dizala, a pri vraćanju krila prema gore duboko spuštala.

Englez *Collomb* htio je smanjiti dizanje i spuštanje letjelice pri mahanju krila. Izradio je velika pomična četverokutna krila i u njih ugradio mnogo lakih letvica koje su se pri zamahu krila prema dolje zatvarale kao žaluzije na prozoru i tako potiskivale zrak prema dolje, a letjelicu prema gore. Pri obratnom zamahu, kad su se krila dizala, letvice su se otvarale i propuštale zrak. Krila je pokretao benzinski motor od 40 KS, ali sprava je samo skakutala po tlu do visine od oko 50 cm.

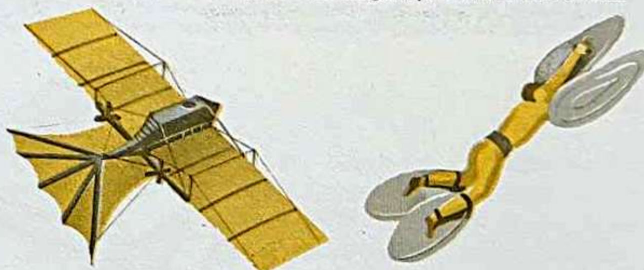
Nijemac *Wallin* je 1906. izradio sličan stroj s lakšim benzinskim motorom od 12 KS. On se nadao da će sa dva para krila, od kojih su se donja dizala kad su se gornja spuštala, postići bolji uspjeh. Međutim, i njegova je sprava samo skakutala po tlu.

Nakon izvršenih mnogih sličnih pokusa napokon se uvidjelo da se ni na ovaj način neće ispuniti čovjekova želja za letenjem, to prije što su u to doba drugom vrstom letjelica već bili postignuti veći uspjesi. Ta se druga vrst letjelica razvila iz zmajeva.



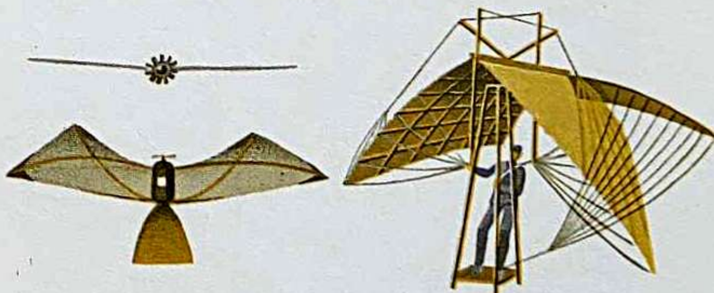
Lijevo: letjelica Jacoba Degena iz 1808. Krila su imala 3500 papirnih traka. Otvarale su se pri dizanju a zatvarale pri spuštanju. Letjelica se pri zamahu dizala 30 m, ali ju je balon nosio niz vjetar

Desno: Besnier se 1678. nije krilima mogao spustiti niti niz strminu



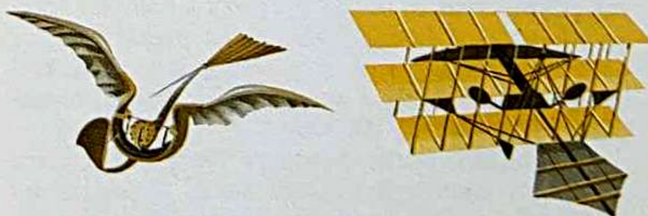
Lijevo: William Samuel Henson je 1842. prvi namjestio parostroj na čvrsto upeta krila, ali odviše teška letjelica nije mogla uzletjeti

Desno: markiz de Bacqueville spustio se 1742. s četiri platnena krila s terase svog dvorca, strmoglavio se i umalo da nije poginuo



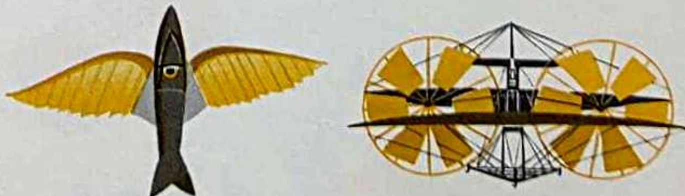
Lijevo: Antoine de Temple je 1857. izradio model letjelice s parostrojem i elisom ispod trupa, ali je i ta sprava bila odviše teška

Desno: Hendrik de Groof je izradio ornitoper, tj. ptičja krila. Letjelica je imala dva krila i rep. Izumitelj je za pokusa poginuo



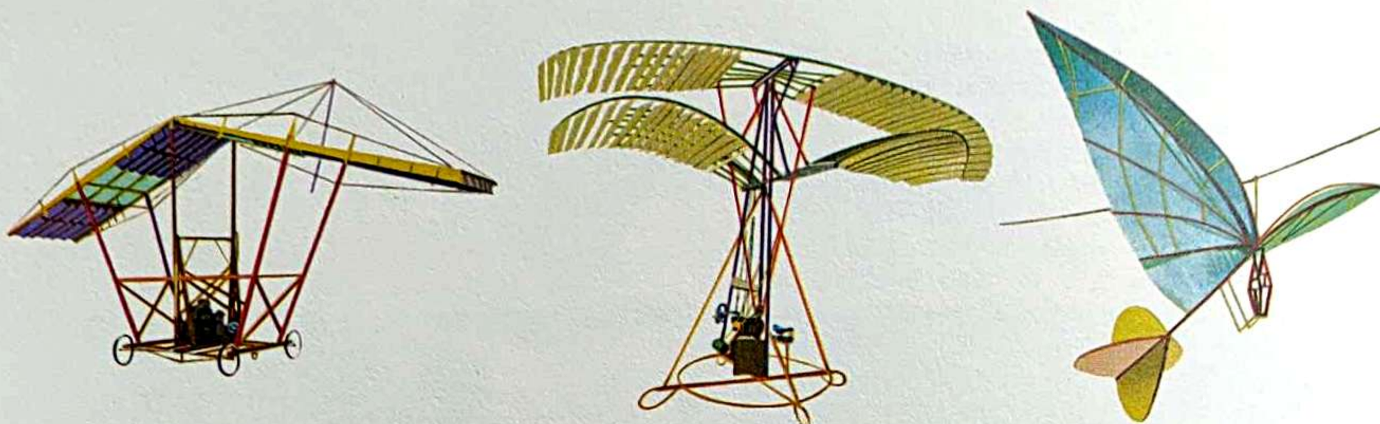
Lijevo: Emilien Trouvé je 1870. izradio model letjelice, koja bi mahnula krilima, kad bi ih potisla eksplozija naboja u osobitoj cijevi

Desno: Stringfellov je 1868. izradio avion na parni pogon, koji je vrlo dobro vozio po zemlji, ali se nikako nije mogao dići u zrak

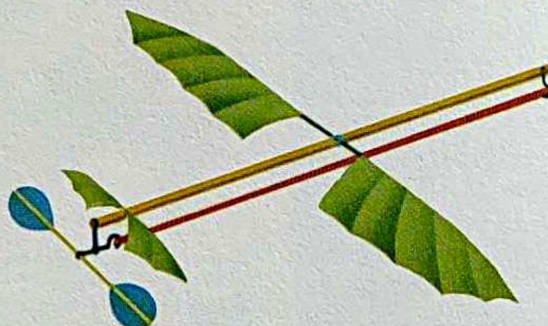


Lijevo: Le Bris je 1857. izradio letjelicu, koju je veoma dugo iskušavao. Poslije jedanaest godina poboljšavanja preletjela je 100 m

Desno: Thomas Moy izradio je projekt za letjelicu na parni pogon, s vrlo velikim elisama, ali samu letjelicu nije nikad izradio



Lijevo: Englez Collomb je 1905. izradio spravu, koju je nazvao ornitoper (grč. ornis — ptica i pteron — krila). Ona je samo skakutala po tlu
U sredini: Nijemac Wallin je 1906. ugradio u spravu dva para krila, koja su izmjenično mahala. Sprava je skakutala po tlu do visine od 60 cm
Desno: jašući na Stenzelovoj umjetnoj ptici, čovjek je 1897. mogao lebdjeti tri sekunde, ali je sprava bila uvijek obješena o razapetu žicu
Dolje: model Penaudovog planofora, tjeran dvokrilnom elisom, koju je okretala zavijena gumena vrpca, 1871. preletio je 40 m za 10 sek.



ZMAJEVI

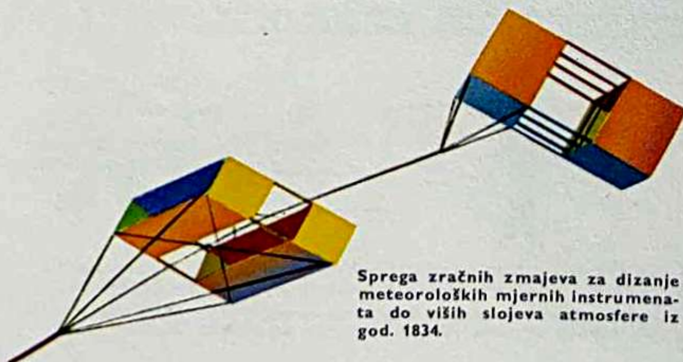
Zmajevi su se već prije dvije tisuće godina puštali u zrak privezani za uzicu. Još i danas ih djeca puštaju u igri. Zmaj se diže i drži u zraku unatoč sili teži zbog toga što ga uzica drži u kosu položaju, pa ga tlak vjetra uzdiže.

Zmajevi su se u Evropi upotrebljavali samo kao igračke sve do 1749, kad ih je engleski fizičar Wilson upotrijebio za dizanje termometara u visoke slojeve atmosfere. *Benjamin Franklin* je 1752. s pomoću zmajeva vršio opasne pokuse. On je izvlačio iskre iz olujnih oblaka i time dokazao da su munje električne pojave. U Engleskoj su 1826. spregu od nekoliko zmajeva upotrijebili za tegljenje vozila. U Americi su 1880. pri gradnji visećeg mosta prebacili s pomoću sprege zmajeva na budući viseći most preko Niagare prvu žicu koja se nije mogla prenijeti ni na koji drugi način. Zmajevi su već 1834. dizali termometre do visine od 1000 m.

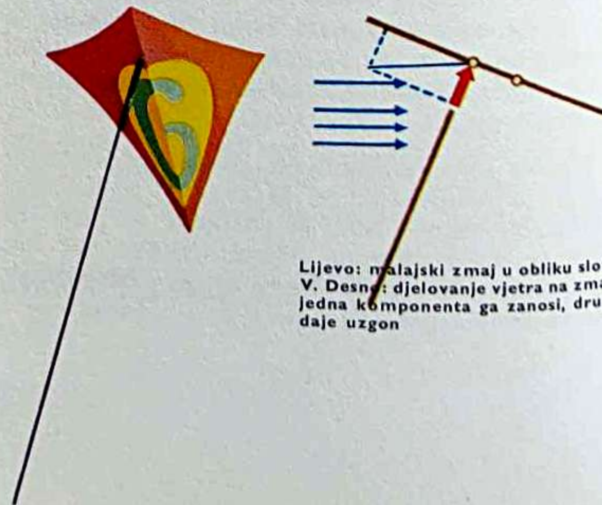
Australski inženjer *Lawrence Hargrave* (Lorens Hargrejv) izumio je ćelijasti zmaj, sastavljen od više nosivih ploha koje su mu davale veću nosivost i stabilnost. Kratke uspravne plohe na stranama okvira djelovale su kao krmila i usmjerivale zmaja protiv vjetra. Meteorolog *Richard Assman* uzdigao je kod Berlina 1905. takvim zmajevima instrumente do visine od 6340 m. Spregom od više zmajeva dizali su se u zrak i drugi meteorološki instrumenti, fotografske kamere pa čak i ljudi.

Pošto su se zmajevi usavršili, uskoro je sazrela misao da bi se oni mogli upotrijebiti i za letenje. Nepomičan zmaj lebdi zato jer se zrak kreće, pa ga podiže. Obratno, dok zrak miruje, moglo bi se letjeti ako se zmaj kreće. Francuz *Alphonse Pénaud* (Peno) izradio je 1870. model zmajolike letjelice koju je nazvao *planofor*. Model je bio dug 50 cm i težio je samo 16 grama. Tjerao se dvokrilnom elisom koju je okretala zavijena gumena traka. U kraljevskom parku u Parizu planofor je 1871. preletio 40 m za 10 sek.

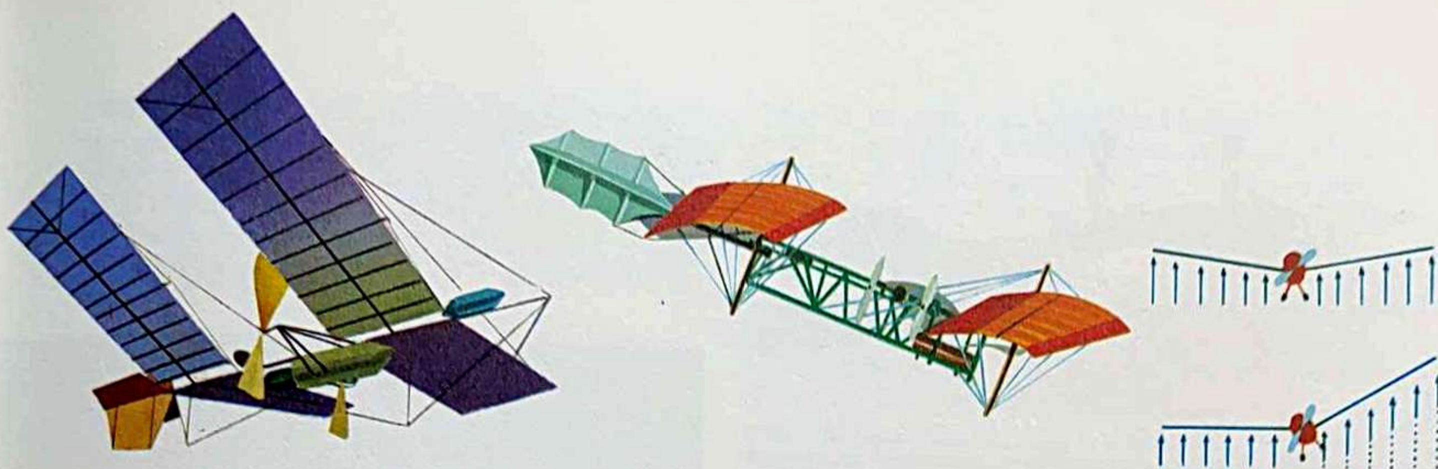
Penaud je krajeve krila uzvio tako da su gledana s prednje ili stražnje strane zatvarala umjeren kut (krila u obliku slova V). Tim je postigao da se nakon nagiba letjelica sama izravnavala.



Sprega zračnih zmajeva za dizanje meteoroloških mjernih instrumenata do viših slojeva atmosfere iz god. 1834.



Lijevo: malajski zmaj u obliku slova V. Desno: djelovanje vjetra na zmaj; jedna komponenta ga zanosi, druga daje uzgon



Lijevo: Langleyev »Aerodrom 5« bio je čudo tehnike, jer je s parostrojem težio samo 11 kg, a 1896. letio je gotovo 2 min, i preletio 1,6 km
U sredini: Langley je 1903. iskušao avion, koji je uspješno poletio, ali ga je neiskusan pilot razbio; 1914. isti je avion dobro letio i sletio
Desno: kosa krila na avionu, u obliku slova V, pogodnija su od posve vodoravnih. Kad se avion kosih krila nagne, zrak jače tlači vodoravno krilo, podiže ga i izravnava avion. Sa zakošenim krilima avion kao da je uklinjen, stabilniji je, njime se lakše manevrira i mnogo mirnije skreće

Kad se nagnula na desnu stranu, desno je krilo došlo u vodoravan položaj, na nj je tada djelovao veći tlak zraka i podizao desnu stranu prema gore sve dok se tlak na oba krila nije izjednačio. Krila smještena pod kutom u obliku slova V održala su se na avionima do danas.

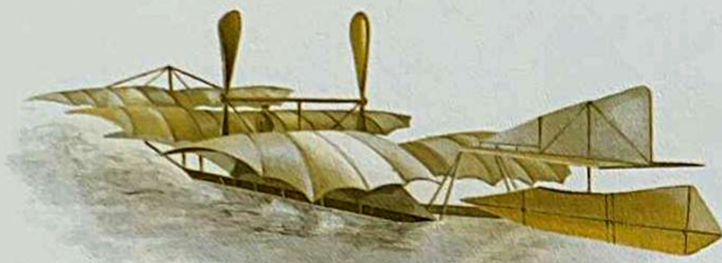
Mnogo je izumitelja gradilo modele zmajolikih letjelica, od kojih su poneke i dobro letjele. Najveći uspjeh postigao je američki astronom i fizičar *Samuel Langley* (Semjuil Lengli), koji se od 1886. bavio istraživanjem letenja. On je izradio nekoliko modela letjelica, a najuspjelija mu je bila ona koju je nazvao *Aerodrom 5*. Ona je 1896. letjela gotovo 2 min. i prevalila 1,6 km puta. Težila je samo 11 kg s parostrojem, koji je bio pravo čudo precizne mehanike. Model je bio sastavljen od čelične cijevi i dva para krila u obliku slova V s rasponom od 4,3 m. Imao je krmilo, stabilizator i malen parostroj koji je okretao dvije dvokrilne elise. Iskušavao ga je sa 10 m visoka tornja povrh palube brodića na rijeci Potomac (Potomek). Pošto se model pokazao izvrsnim, Langley je prema njemu izradio avion težak 166 kg, koji je mogao ponijeti jednog čovjeka. Na avion je namjestio benzinski motor od 52 KS i iskušao ga je 1903. opet s tornjića na brodu. Poletio je i nakon 30 m srušio se u vodu i slomio, ali motor se nije oštetio; spasio se i hrabri upravljač. Langley se razočaran prestao baviti zrakoplovima i ne sluteći da je izradio dobru letjelicu. God. 1914. američki avijatičari ponovno su je sastavili, namjestili na nju isti motor, a vješt pilot njome je letio i spustio se na vodu. Letjelica je bila dobra, ali prvi pilot nije bio vješt.

Od ostalih se izumitelja istakao bečki graditelj glasovira *Wilhelm Kress*, koji je već 1877. izrađivao i iskušavao modele aviona. On je dobro izračunao površine krila i snagu pogonske sile potrebne za letenje. Tražio je motor od 30 KS težak najviše 240 kg, ali je morao čekati 21 godinu da se pojavi takav motor. Napokon mu je Daimler izradio jedan benzinski motor od 30 KS, ali težak 900 kg. Ni Daimlerova tvornica u to doba nije mogla izraditi motor lakši od 30 kg po 1 KS. Pošto je 1902. namjestio taj motor, preopterećena se letjelica za jednog zakreta na vodi prevrnula i potonula.

Izumitelj brzometnih topova i bezdimnog baruta *Hiram Maxim* (Hajrem Meksim), koji se počeo baviti letjelicama 1890, zaključio je da zbog teških motora avion mora imati veliku nosivost pa je izradio golem avion s rasponom krila od 31,5 m, visok 10,6 m, dug 21,3 m, koji je s gorivom i tri čovjeka težio 3620 kg. Tjerao ga je parostrojem od 360 KS, koji je težio 1296 kg, tj. 3,6 kg po 1 KS. Maxim je taj avion iskušavao na tračnicama, najprije bez krila, a kasnije s krilima, ali sa namještenim protutračnicama tako da ne može uzletjeti, jer je htio ustanoviti može li se tako težak avion podići sa zemlje. Izvršio je mnogo pokusa sve dok se avion nije tako snažno podigao da je otkinuo protutračnice, prevrnuo se kljunom prema dolje i oštetio. Maxim je tada odustao od daljih pokusa jer je shvatio da još treba dobro proučiti način letenja. Njegov je avion bio svakako najbolji od svih dotadašnjih.

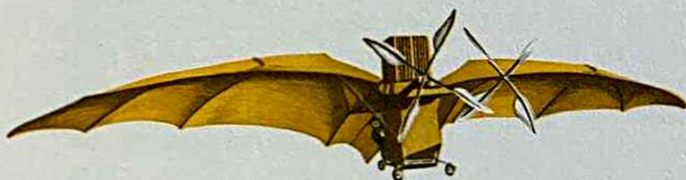


U vojsci su se 1866. upotrebljavali četveroprezi zmajeva, koji su podizali izviđače, za motrenje neprijateljskih pokreta

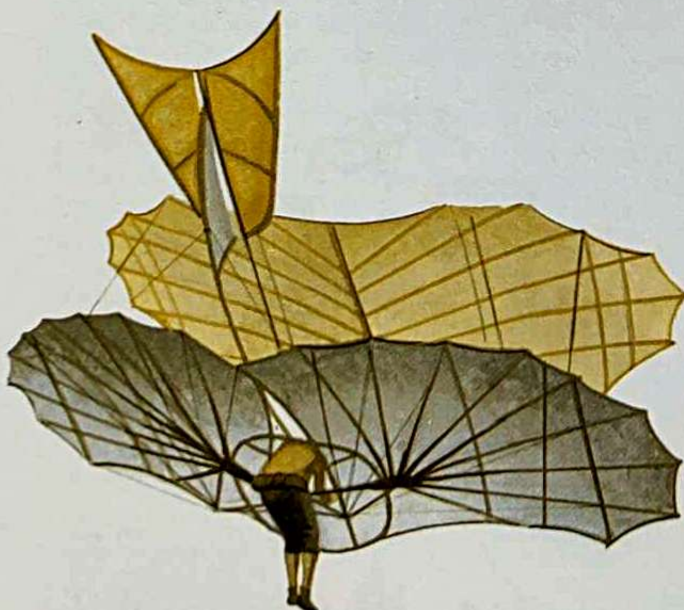


Kress je 21 godinu čekao da se pojavi lak motor. Pošto ga je dobio izradio je hidroavion, koji se za okreta na vodi prevrnuo i potonuo

Francuska vojska je htjela u tajnosti izraditi ratnu letjelicu i povjerila je istraživanja čuvenom inženjeru *Clementu Aderu*. On je 1890. dovršio prvu letjelicu Eole (Eol) koja je uspješno letjela. Trećoj letjelici dao je ime *Avion*, a tim imenom su se otad nazivale sve letjelice teže od zraka. Avion je imao nepogodan škrinjast oblik trupa i sklopiva krila kako bi se mogao tegliti po cestama. Tjeran parostrojem od 60 KS avion je 1897, s jednim pilotom preletio poduži put, ali se pri sletanju prevrnuo i razbio. I ova je nesreća pokazala da je bilo lakše avion izraditi nego svladati tehniku letenja.

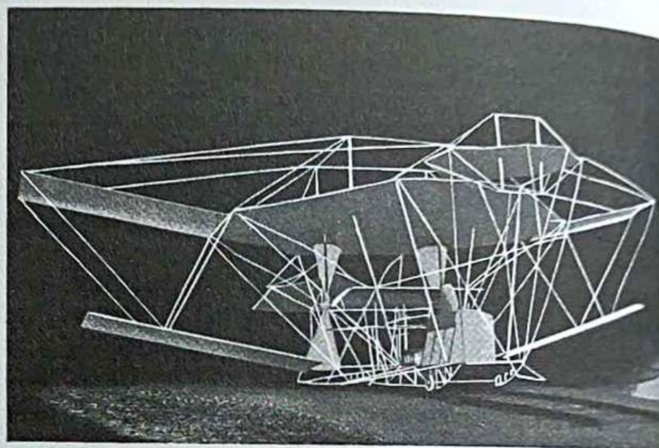


Clement Ader je izradio tri letjelice. Trećoj je dao ime »Avion«. Tako su se otad nazivale sve letjelice teže od zraka. Avion se, s krilima kao u šišmiša i s 2 parostroja od 30 KS, prvi uzdigao te 14. X 1897. uspio letjeti 800 m na nekoliko centimetara povrh tla



Otto Lilienthal izradio je od 1890. do 1896. mnogo jednokrilnih, dvokrilnih pa i trokrilnih letjelica. Spuštao se niz brežuljak Rhinof više od tisuću puta; 1896. htio je na posljednjoj letjelici ugraditi motor, ali se 12. VIII 1896. survao s visine od 15 m i poginuo. Iskustva koja je on stekao koristili su mnogi njegovi sljedbenici

Proučavanjem tehnike letenja bavio se od 1890. u Njemačkoj *Otto Lilienthal* (Lilienta1). On nije htio graditi velik avion kao Maksim dok posve ne prouči kako treba letjeti i postići stabilnost i sigurnost u zraku. Stoga je izradio posve mala krila različnih oblika i iskušavao ih u vrtu iza kuće.



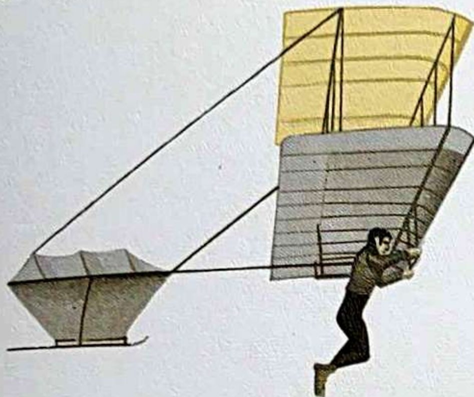
Hiram Maxim je 1892. izradio golem avion, koji je s posadom od tri čovjeka težio 3620 kg. Zbog prevelike težine trebalo je da uzleti s glatkih tračnica, ali se pri prvom zaletu prevrnuo i sav raspao

Iskušavajući prva krila koja su imala površinu od 14 m² Lilienthal je osjetio da ga vjetar uzdiže. Kasnije, kad se spuštao s veće visine, opazio je da su mu krila nestabilna; prijetila je opasnost da se prevrne na bok.

Stabilnost krila povećao je time da se ovjesio ispod krila i tako pomaknuo težište na niže. Da se održi u smjeru vjetra, ugradio je uspravni stabilizator poput nepomična krmila, a da se letjelica ne spušta nosom prema dolje, smjestio joj je na repu vodoravan stabilizator, iskrenut prema gore. Pošto se dobro uvježbao, spuštao se s vrha umjetnoga pješčanog čunja visokog 30 m tako da je mogao iskoristiti vjetrove iz svih smjerova. Uskoro je naučio kako treba pomicanjem nogu unaprijed i unatrag nagibati krila da se letjelica sporije ili brže spušta, a svijanjem tijela izbjegavati opasne nagibe od iznenadnih mahova vjetra. Lilienthal je letio više od 1000 puta i prelijetao daljine do 300 m. Izradio je i novu letjelicu s pomičnim visinskim krmilom na kljunu. Njome je uzletio 1896, ali se s visine od 15 m srušio i poginuo.

Lilienthalova iskustva nisu iskoristili Nijemci, nego Amerikanci. Američki inženjer francuskog podrijetla *Octave Chanute* (Oktav Šanit) napisao je 1889. nakon putovanja po Evropi knjigu u kojoj je opisao sve letjelice i sva iskustva stečena u svijetu. God. 1896. u svojoj šezdesetoj godini izradio je letjelicu izrađenu po Lilienthalovu uzoru, a iskušavala su je njegova dva pomoćnika. On je odmah shvatio da krila moraju imati veću stabilnost jer bi se teško našao vještak kao Lilienthal koji bi letjelicu izravnavao gibanjem tijela.

Chanute je zbog toga izradio stabilniju letjelicu sa 5 ploha, a kasnije još savršeniju sa 2 plohe i stabilizatorom. Međutim, Chanute je uvidio da su drugi mnogo mlađi pioniri bolje shvatili zrakoplove, pa je prestao usavršavati svoje letjelice te je drugim konstruktorima rado pomagao stečenim iskustvom.



Chanute je 1898. izradio drugu vrlo stabilnu dvoplošnu letjelicu

Braća Wright (Rajt) rođena su u Daytonu (Dejtnu), Wilbur 1867, a Orville (Ervil) 1871. Kao djeca igrali su se letjelicom sa dvije elise tjerane zavijenom gumenom trakom. Kad bi se letjelica razbila, oni bi izradili novu i svaki put sve veću. Ali svaka je iduća letjela sve slabije. Napokon su ih odbacili i igrali se zmajevima. Kad su odrasli, bavili su se trgovinom, a 1896. podigli su tvornicu bicikla i u njoj naučili sve mehaničarske poslove. Kad su u novinama pročitali vijest o Lilienthalovoj smrti, nesreća ih se duboko dojmila.





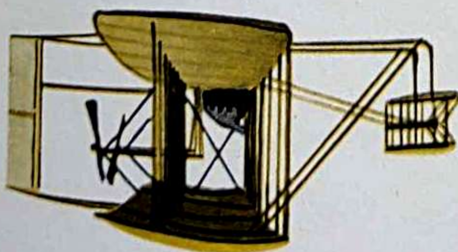
Braća Orville i Wilbur Wright

Pribavili su dotad sve objavljene knjige o letjelicama i izvještaje o Lilienthalovim letovima te su odlučili nastaviti njegove pokuse. Učinilo im se da je Chanuteov dvokrilac najbolji, pa su izradili takvu letjelicu s površinom krila od 18 m^2.

Braća Wright su na Chanuteovu dvokrilcu izvršili nekoliko promjena. Odbacili su dugi rep, a stabilizatore su premjestili sprijeda. Promijenili su i položaj pilota, koji je otad ležao vodoravno. Time su smanjili otpor pri letenju, a pilotu su oslobodili ruke da može upravljati visinskim krmilom. Pošto su izvršili mnogo letova, 1900. su izradili drugu letjelicu s površinom krila od 21 m^2. Pokusnim letenjima prisustvovao je 1901. i Chanute, a prema njegovim uputama postigli su letove do 100 m u daljinu. Trećom letjelicom od 28,3 m^2 prelijetali su 1902. daljine do 400 m. Tim su dvokrilcem uzlijetali tako da je letjelicu vukao užetom po zemlji konj u galopu, a kad bi se ona dovoljno uzdigla, pilot bi odrezao konop i slobodno jedrio zrakom. Poslije 1000 letova avion se mogao održati u zraku 21 sek. i preletjeti 620 m. Međutim, tada su braća shvatila da su dostigli granicu koja se mogla premašiti samo s pomoću motora.

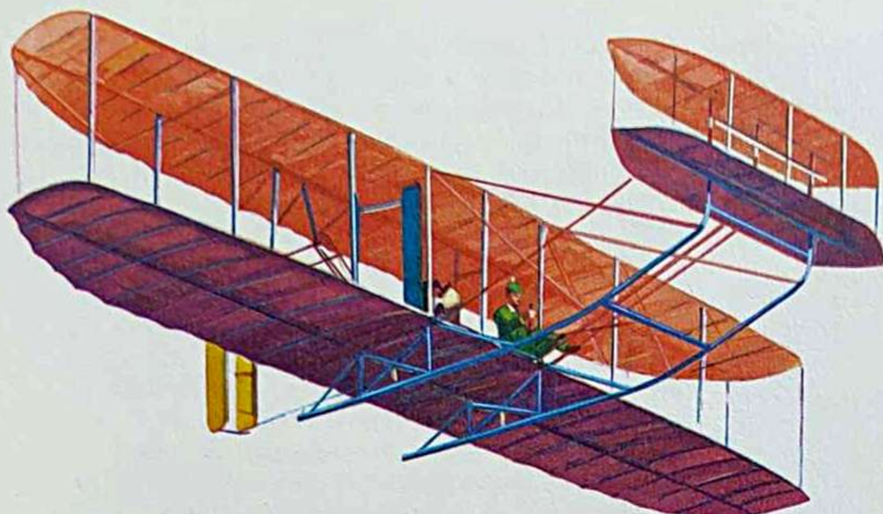


Znajući da nema vještaka, kao što je bio Lilienthal, Chanute je 1896. radi što veće stabilnosti, kao prvu izradio šesteroplošnu letjelicu

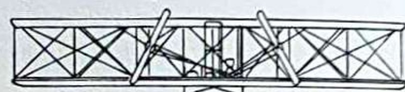




Pogled s bočne i prednje strane na prvi motorni avion braće Wright, koji je 17. XII 1903. u Kitty Hawku, pred pet svjedoka, uzletio i izvršio četiri leta, posljednji dug 26 metara za 59 sekundi. Avion je imao drveni kostur, pokriven lakiranim platnom. Težio je, s pilotom, oko 360 kg. Benzinski motor od 16 KS izradila su braća sama. Pri svim početnim radovima i pokusima nesebično im je pomagao Octave Chanute



Braća Wright su 1904. i 1905. letjela savršenijim avionom, u kojemu pilot nije više ležao nego sjedio. Aparat je imao dva usporedna krila s rasponom od 11,5 m, široka 1,8 m. Benzinski četverocilindarski motor, hlađen vodom, težak 100 kg, okretao je dvije elise, desno i lijevo od trupa, iza krila, snagom od 25 KS i tjerao avion brzinom od 60 km na sat. Elise su imale promjer od 2,6 m. Visinsko krmilo nalazilo se sprijeda. Avion je uzlijetao, slijetao i zaustavljao se klizeći po zemlji na sanjki



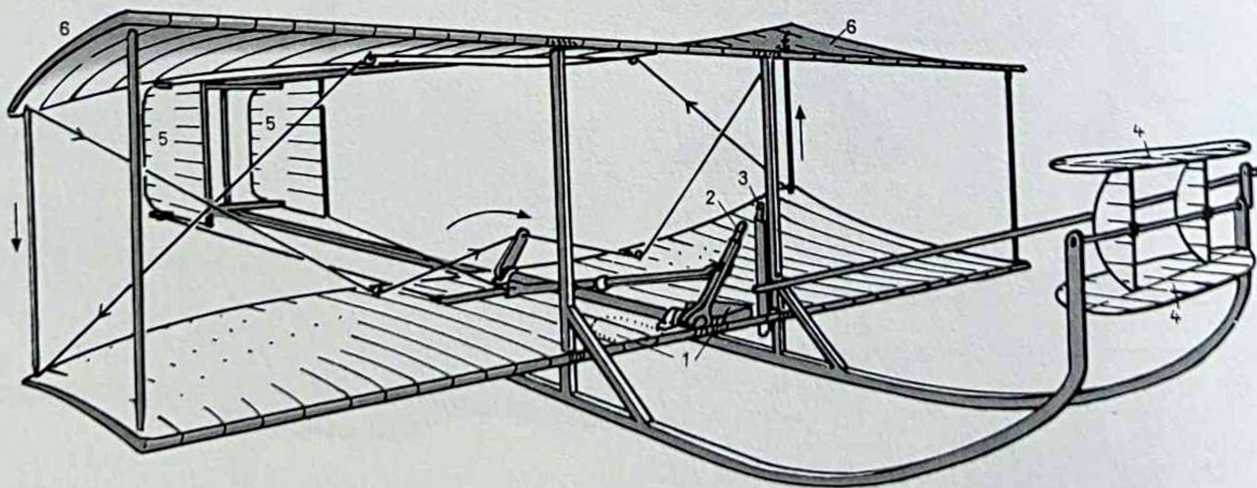
Prvi avion. U zimi 1903. izradila su braća Wright posve sama prvi avion s površinom krila od 50 m^2 i motorom od 16 KS koji je težio 90 kg. Pokuse su vršili oprezno na tlu. Dana 17. XII 1903. braća su se osjetila toliko sigurnima da su se odvažila uzletjeti. Njihov se avion, povučen konopom, uzdigao s osobite drvene klizne tračnice i letio je 12 sekundi. Tim danom počinje povijest avijacije.

Za drugoga i trećeg leta avion je letio 59 sek. i spustio se na zemlju poslije 250 m prevaljena puta.

Kako je oluja uništila taj avion na zemlji, braća su izradila drugi koji je dovršen 1904. Njime je Orville preletio 800 m. Do kraja godine braća su izvršila 105 letova. Orville se u zraku održao 5 min., a kasnije je sa sobom poveo i jednog putnika.

U svom dnevniku braća Wright su opisala kako njihov avion uzlijeće i leti: »Avion leži na tračnici usmjeren protiv vjetra i privezan sa dva konopa. Motor se uputi, i elise počnu zujati. Pilot sjedne u sredinu aviona ispred motora, a pomoćnik koji stoji uz avion drži krila u vodoravnu položaju. Pilot uputi motor svom snagom i otkvači stražnji konop kojim je avion privezan za stup. Prednji konop povuče letjelicu, i ona krene. Pomoćnik trči uz nju i pridržava krilo, ali već poslije 15 m brzina je tako velika da ga mora ispustiti. Tada već djeluju krilca (plohe na krajevima krila koja se mogu malo podizati i spuštati), pa avion stoji vodoravno. Na kraju tračnice vučni konop sam spadne, a pilot visinskim krmilom podigne kljun aviona prema gore. Elise potiskuju avion naprijed, i zračni tlak ispod krila drži ga u zraku.«

»Tlo se ispod nogu u početku tako brzo pomiče da se livada pretvara u zelenu rijeku koja teče golemom brzinom, ali se na nešto većoj visini pričinja kao da se avion jedva pomiče. Samo vjetar neprekidno udara u lice.«



Upravljački uređaj na prvim avionima braće Wright: 1. sjedište, 2. palica za okretanje usmjernih krmila i nagibanje aviona, 3. palica za visinsko krmilarenje, 4. visinska krmila, 5. usmjerna krmila, 6. savitljivi krajevi gornjih krila. Nagibanjem palice 1 ulijevo okretala su se usmjerna krmila 5 nalijevo. Istodobno su se savijali lijevi krajevi krila prema gore, a desni krajevi krila prema dolje. Avion se nagnuo na lijevu stranu i skretao je ulijevo. Obratno, kad se palica potisnula nadesno, avion se nagnuo na desnu stranu i skretao je nadesno

»Kad pilot nagne obje poluge ulijevo, avion skreće ulijevo, ali se istodobno i nagne jer jedna poluga iskrene usmjerno krmilo, a druga svine krajeve krila tako da se stražnji kraj desnog krila spusti, a stražnji kraj lijevog krila podigne. Avion se okreće nagnut na lijevu stranu. Poslije zavoja obje poluge treba vratiti u sredinu. Avion se izravna i prestane se okretati. Sad se zamjećuje da se tlo kreće brže. To je zato jer avion leti niz vjetar. Kad dođe povrh cilja, motor se zaustavi, i visinska se krmila iskrenu malo prema dolje. Avion se nagne prema naprijed i polako se spušta, ali na posve maloj visini treba ga izravnati. Obično se i ne osjeti kad smučke dodirnu zemlju iako se tada avion kreće brzinom od 1 km na minutu. On će klizati po zemlji još oko 30 m, a zatim će se zaustaviti.«

Već iduće godine, 1905, avion braće Wright preletio je 39 km za 38 min i 3 sek. Ali o tome je znalo veoma malo ljudi. Baloni su u to doba već prelazili vrlo velike daljine, pa se tek ponekad javljala po koja kratka vijest o pokusima braće Wright. Na letovima od četrdesetak kilometara tada se nitko nije osvrtao.

Avion Danca Johna Ellehammera prvi je u Evropi uspješno uzletio 18. IX 1906, ali se o njemu i o braći Wright još dugo nije znalo. Vijesti su se sporo širile, a veća se pozornost obraćala balonima

Važnost letova braće Wright prvi je shvatio francuski major Ferber (Ferbe), koji je želio da njihov avion kupi francuski generalštab. Međutim, pregovori o prodaji su propali jer se braća nisu htjela povlačiti od komisije do komisije, a generali nisu vjerovali u avion trgovaca biciklima. Wilbur Wright je 1907. obilazio evropske prijestolnice, ali ni tada nije nitko htio prihvatiti njegovu ponudu. Tek 1907. prihvatila je američka vlada prijedlog braće Wright da otkupi njihov avion pod uvjetom da leti bez prekida jedan sat. Uskoro se javio i francuski generalštab, koji je bio spreman otkupiti avion ako preleti 50 km s pilotom i jednim putnikom. Orville Wright prikazao je 12. IX 1908. američkoj vojci avion leteći s jednim putnikom 1 sat i 15 min, na visini od 60 m.



Charles Voisin je 1907. svojim avionima davao imena prvih kupaca: Delagrange, Farman i dr., koji su kasnije postali konstruktori aviona. Paulhan je 1909. Voisinovim avionom letio 2 sata 43 min 24 sek.



Santos-Dumontov avion »14 bis« preletio je 23. X 1906. u Parizu 82 m, brzinom od 41 km na sat. Nagrađen je, jer se mislilo da je to prva letjelica teža od zraka, koja je uspješno uzletjela u svijetu

Braća Wright su nakon toga napustili tvornicu bicikla i posvetili se samo usavršavanju aviona. Oni su izvježbali prve francuske, talijanske i njemačke pilote. U Parizu, Rimu, Berlinu i Londonu dočekani su s najvećim slavljem. Kad su se vratili u Ameriku, primio ih je predsjednik SAD i uručio im najviša odlikovanja. U njihovu čast čitav je New York bio okićen.

U isto doba mnogi su pioniri gradili i iskušavali avione i u Evropi. Danac *John Ellehammer* izradio je 1905. prvi avion, a s drugim svojim dvokrilcem uzletio je 1906. i preletio uspješno 40 m. To je bio prvi let aviona na evropskom kontinentu. Međutim, o njegovu se letu dugo nije znalo.

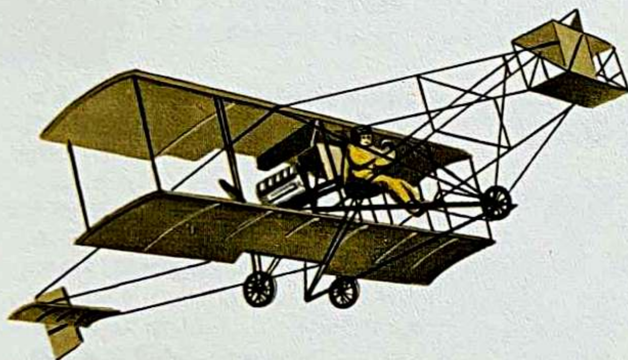
Zbog toga je pokal prvenstva dobio *Santos-Dumont*, koji se već bio proslavio svojim balonima. On se nije mnogo obazirao na iskustva drugih, već je sam konstruirao svoje letjelice. Kad je dovršio prvi avion sličan velikom zmaju, opremio ga je motorom od 24 KS, ali kako se nije usudio uzletjeti, privezao ga je ispod svog balona pa je tako letio. U letu je opazio da se balon tjeran motorom privezanog balona jedva pomiče. Stoga je napustio balone kao pomoćno sredstvo za letenje avionom. Na avion je smjestio motor od 50 KS i pošto je dugo jurio na kotačima u svim smjerovima po polju, iznenada se uzdigao i preletio daljinu od 82 m. Tako je osvojio pokal evropskog prvenstva. Izradio je još nekoliko aviona, ali su ga uskoro pretekli drugi graditelji: *Henry Farman*, *Delagrange* (Delagranž) i braća *Voisin* (Voazen).



Léon Levavaseur je 1908. izradio avion kojim je Latham dva puta (17. i 27. VII 1909) bezuspješno pokušavao preletjeti kanal La Manche



Pionir zrakoplovstva Farman izradio je 1909. svoj prvi avion, dug 16,5 m, težak 530 kg, s rasponom krila od 10 m i s motorom od 40 KS



Čuveni motociklista Glen Curtiss je 1909. svojim avionom osvojio pokal Gordona Benneta u Reimsu, dostigavši brzinu od 77 km na sat. Iduće godine uspješno je preletio put od 200 km iz Albanyja u New York. Curtiss je ubrzo postao čuveni američki konstruktor aviona

Tvorničar automobila *Louis Blériot* (Blerio) pomagao je njihova nastojanja, a kad su pokusi počeli dobro uspijevati, *Gabriel Voisin* je odlučio da u Billancourtu (Bilankuru) kod Pariza podigne prvu tvornicu aviona u svijetu, koja je uskoro izvrsno napredovala.

Henry Farman sagradio je avion dvokrilac s motorom od 50 KS te 1907. preletio njime 770 m u 23 sek. Već sredinom 1908. preletio je s jednim suputnikom na visini od 7 m daljinu od 1040 m, a potkraj godine prevalio je u visini od 60 m daljinu od 39 km za 42 minute.

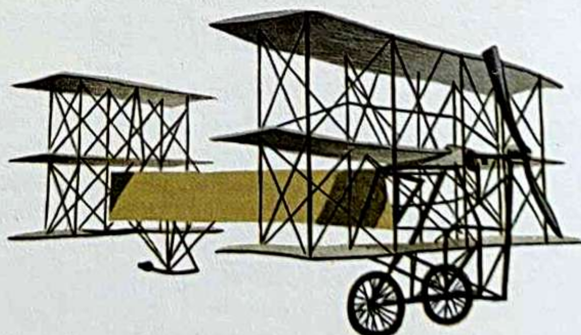
Let preko kanala La Manchea. Osobito mjesto u povijesti avijacije pripada *Louisu Blériotu*, koji se počeo baviti zrakoplovstvom tek 1902. On je u Voisinovoj tvornici gradio jedan avion za drugim. Poneke je i sam konstruirao i neprekidno ih je mijenjao. Dugo mu nije polazilo za rukom da uzleti, a kasnije je vrlo često padao. Napokon se ipak uvježbao i dobro letio.

Kad su engleske novine obećale nagradu od 25 000 franaka (danas oko 1 milijun din) onome tko prvi preleti kanal La Manche, Blériot je odlučio da iskuša sreću. Međutim, istu odluku stvorio je prije njega *Hubert Latham* (Iber Latam), koji je uzletio 1909. u Calaisu (Kaleu) u Francuskoj, ali se na pola puta srušio u more jer mu je zatajio motor. Spasio ga je jedan francuski razarač. Neuspjeh ipak nije obeshrabrio Lathama, pa se ponovno pripremao da preleti kanal drugim avionom.

Na obali kod Calaisa bila su 21. VII 1909. spremna za uzlet tri avijatičara: Latham, Blériot i grof *Lambert* (Lamber). Bjesnjela je oluja, pa su avione spremili u daščare i nestrpljivo očekivali poboljšanje vremena. Blériot je bio vrlo nervozan jer je priželjkivao nagradu. Dotad je potrošio sve imanje na gradnju aviona. Njegov avion »Blériot XI« nije bio najbolji, nedavno je imao kvar, i tek ga je popravio.

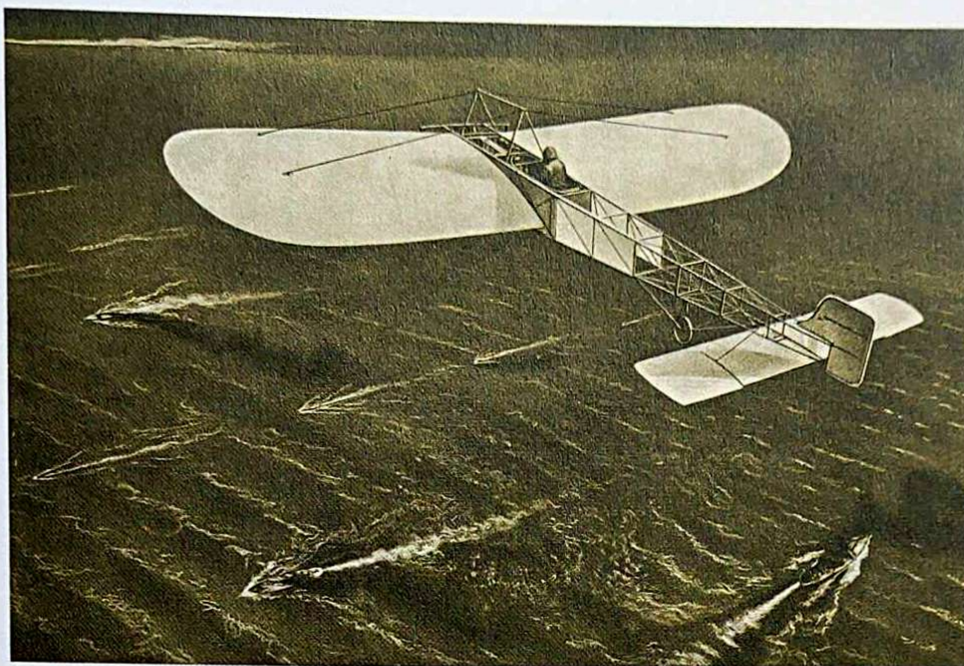
Navečer 24. VII Blériot je premoren od bdjenja legao i zaspao, a njegov prijatelj Leblanc (Leblan) ostao je na motrilištu. Nešto prije pola noći Leblancu se učinilo da se oluja stišava. Ako se sad smiri, možda će im se isplatiti neprospavane noći. Doista, vjetar se stišao. Otrčao je u susjednu kućicu i probudio Blériota, koji je samo pogledao kroz prozor i uzviknuo: »Polazim!«

U 4 sata ujutro avion je već bio spreman. Blériot je pregledao svaki dio na njemu i popeo se na sjedište. U 4 sata i 40 min. Leblanc je uputio motor, koji se odmah upalio — dobar predznak. Buka će zacijelo probuditi takmace — pomislio je Blériot — ali sad ga više nitko ne može prestići. Oprezno uzlijeće; sad ne smije počiniti nikakvu nesmotrenost. Sunce je izlazilo iza leđa i obasjavalo more. Tada je ugledao razarač Escopette (Eskopet). Zacijelo su i na razaraču začuli buku i isplovili. Na njemu je i njegova žena, kojoj je mornarica dopustila da na razaraču prati muža.



Dvostruki troplošnjak »Tandem Roe«, prvi avion što ga je 1909. izradio najčuveniji britanski zrakoplovni konstruktor A. V. Roe, imao je veliku nosivu površinu krila i neobično malen motor od 10 KS

Preletio je razarač i sad je nad otvorenom pučinom. Domalo je izgubio iz vidika francusku obalu, a pred njim je bila sumaglica. Svuda ispod sebe vidi samo bijele kreste valova. Ako se sada zaustavi motor... Na to nije smio pomišljati. Samo



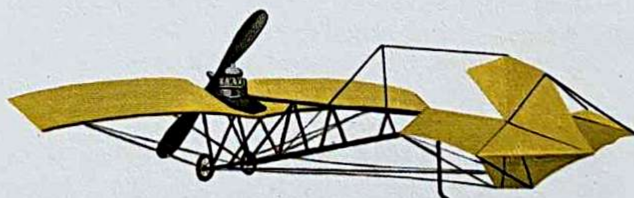
Francuski inženjer Louis Blériot prvi je preletio kanal La Manche, 25. VII 1909. Avion »Bleriot IX«, najbolji od dotad izrađenih, kasnije se izrađivao u seriji i prodavao drugim državama. Drvena okosnica bila je obložena platnom. Imao je raspon krila od 7,20 m i talijanski motor Anzani od oko 25 KS. Blériot je uzletio u Francuskoj na trošnu avionu, kao utopljenik koji se hvata slamke od očaja i dugova, a poslije 32 minute, pošto je preletio kanal La Manche i sletio u Engleskoj, postao je slavan i najbogatiji čovjek

naprijed! Ali da li uopće leti naprijed? Oko njega je sumaglica, a kako nema kompasa, možda kruži ili se vraća natrag. Malo se ohrabrio kad je ispred sebe opazio flotilu podmornica što su ih pratila dva razarača. U sumaglici lijevo sprijeda opazio je sumnjiv plosnat oblak. Prijeti li oluja? Ne, nije oblak nego kopno. Kopno! Engleska je na vidiku! Obala se brzo približava. Iz vode se dižu okomite stijene. Njih ne može preletjeti. Pogledao je na sat, točno je 5 sati. Gdje se nalazi? Vjetar ga je zacijelo zanio prema sjeveroistoku, stoga mora skrenuti nalijevo u Dover, ali u tanku zacijelo nema više ni 10 litara benzina, a još nije nad kopnom. Ako nestane benzina pred obalom, valovi će avion razbiti.

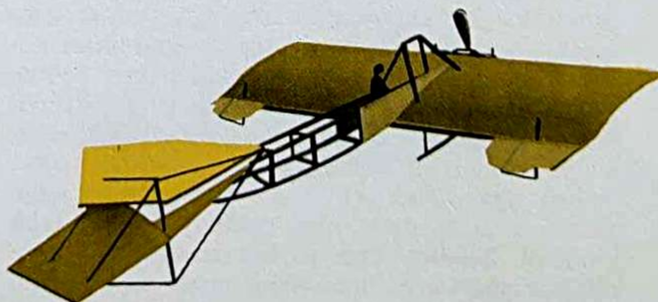
Prešao je vodenu crtu obale, gdje su se valovi strahovito lomili. Skrenuo je duž obale. Još malo. Ali, gdje će sletjeti? Samo da se još sretno spusti. Nije mogao povjerovati svojim očima kad je opazio da netko maše francuskom trobojnicom. Kad se spustio pokraj zastave i prijatelja koji je njome mahao, pogledao je na sat; bilo je 5 sati i 12 min., a benzinski tank bio je već posve prazan.

Blériot je 25. VII 1909. uzletio na trošnu avionu kao utopljenik koji se hvata slamke od očaja, a poslije 32 minute sletio je u Englesku kao pobjednik, slavan i bogat čovjek.

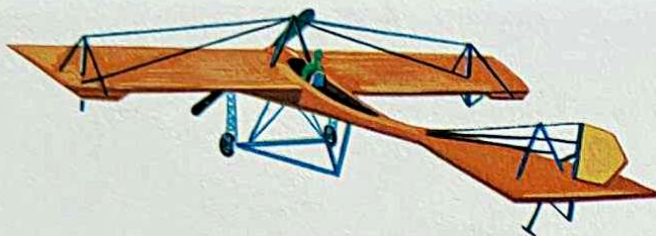
Jugoslavenski pioniri. Proučavanjem aviona, gradnjom i njihovim usavršavanjem bavili su se vrlo rano i naši zemljaci. Prvi jugoslavenski pionir *Stjepan Bešević* iz Sremske Mitrovice izrađivao je u Zagrebu već 1907. avione koji su uspješno uzlijetali i letjeli. *Mihajlo Merćep* počeo je konstruirati avion 1909, a dovršio ga je 1910. uz pomoć *Edvarda Rusijana*. Već nekoliko nedjelja poslije dovršetka Rusijan je letio uspješno tim avionom u Zagrebu, ali je na žalost iste godine za jednog leta u Beogradu pao i poginuo. Merćep je poslije te nesreće sam gradio avione, koji su sve bolje letjeli i postigli takve uspjehe da su bili zapaženi i u inozemstvu. Gradnjom aviona bavili su se u Zagrebu još inženjer *Slavoljub Penkala*, a u Subotici *Ivan Sarić*. Penkalin je avion prvi put uzletio 1909, a Sarićev 1910.



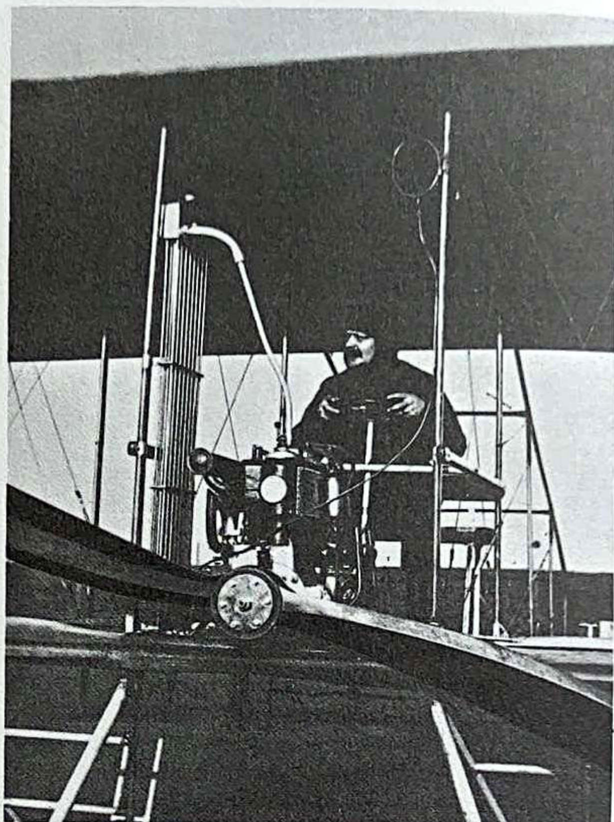
Stjepan Bešević iz Sremske Mitrovice, prvi je jugoslavenski zrakoplovac. On je izrađivao modele aviona i iskušavao ih u Zagrebu na Griču. Izrađivao je i pregrađivao avion jednosjed, jednokrilac te njime 1907, nakon više pokušaja, uzletio na vježbalištu u Črnomercu



Ivan Sarić iz Subotice, prvi je put vidio avion 1909. za takmičenja u Parizu, gdje se upoznao s Blériotom, Farmanom i Santos-Dumontom. Nakon povratka u domovinu konstruirao je drveni avion, obložen platnom i namjestio na nj motor Anzani od 28 KS. Kao stajni trap upotrijebio je kotače motocikla. Pošto se Anzanijev motor pokazao slabim, namjestio je na avion svoj motor od 48 KS i njime letio 16. X 1910. u Subotici ispred 7000 gledalaca. God. 1917. izradio je dobar prototip helikoptera s pouzdanim zvjezdastim motorom



Mihajlo Merćep i Edvard Rusijan kupili su u Parizu motor »Gnôme« od 50 KS i u Zagrebu konstruirali avion kojim je Rusijan uzletio 1910.



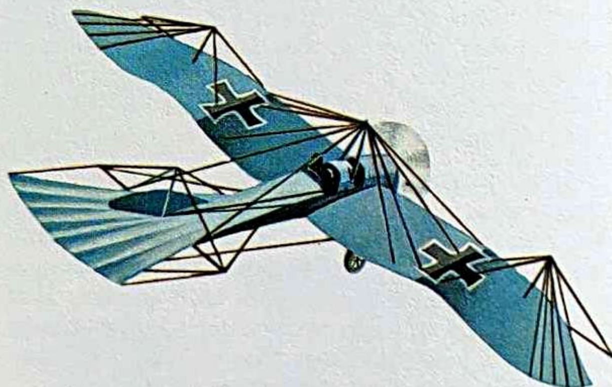


Gore: Etrichov avion iz 1911. Prvi avion na svijetu, u kojemu je pilot bio zaklonjen u zatvorenoj kabini. Bio je to ponešto preinačen aparat od onog što ga je izgradio prvi i najbolji austrijski konstruktor aviona Ugo Etrich. Njegov je avion bio prvi tuđi aparat prikazan Zagrepčanima na javnom propagandnom letu u Črnomercu, gdje je na vojnom vježbalištu bilo uravnato tlo i sagrađen hangar

Gore: Slavoljub Penkala (Zagreb 1871—1921), izradio je u Zagrebu avion jednosjed dvokrilac, dug 11 m, s rasponom krila od 9 m i motorom »Loraine« od 25 KS. U proljeće 1910. izgradio je hangar u Črnomercu, gdje je uz vojno vježbalište bio prvi zagrebački aerodrom. U jeseni 1910. avion je nakon uzleta pao s male visine i razbio se. Nemavši novca za popravak, Penkala je odustao od daljnjih pokusa

VOJNI AVIONI

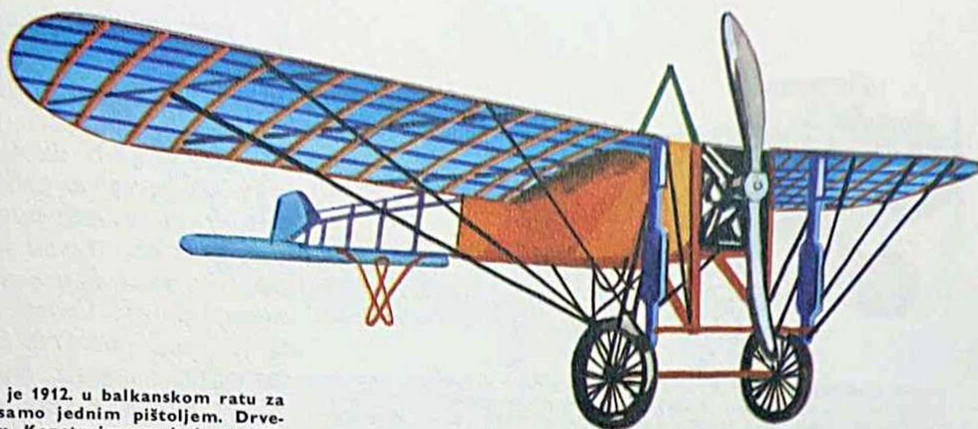
Iako se već u doba prvih pokušaja pomišljalo da se letjelice upotrijebe u ratu, ipak je prvi vojni avion naručen tek 2. VIII 1909. u SAD, 6 godina poslije uspješnog leta motornog aviona braće Wright. Za Amerikom se povela francuska vojska, koja je i davno prije toga neko vrijeme pomagala Clementa Adera da izradi prvi avion. Francuska je 1909. organizirala prvu vojnu avijaciju na svijetu i uvrstila je u sastav inženjerije, a 1910. imala je već nekoliko eskadrila vojnih aviona tipa *Blériot XI* i *Farman*. Međutim, vojni avioni se u to doba nisu razlikovali od ostalih lomljivih letjelica, koje su bile izrađene od drva i platna. Pilot je za upravljanje imao samo palicu, kojom je pilotirao po smjeru i visini, a pred sjedištem nije bilo više manometara i instrumenata nego u običnom starom automobilu. Kad pomislimo na kakvim su lomnim avionima letjeli piloti i izvršavali teške zadatke, doista se moramo diviti njihovoj vještini i hrabrosti.



Avion »Etrich Taube« austrijskog inženjera Uga Etricha iz 1910. Prvi su ga upotrijebili Talijani u talijansko-turskom ratu 1911. U početku prvoga svjetskog rata bio je njemački i austro-ugarski izviđački avion. Iz njega je von Hiddesen 30. VIII 1915. bacio prvu bombu na Pariz. Ime »Taube« (golub) dobio je prema obliku krila. Imao je motor »Austro-Daimler« od 120 KS, letio je brzinom od 110 km na sat i mogao je letjeti, bez dopune goriva, neprekidno 400 km

U trenutku kad je 1912. buknuo balkanski rat nitko nije ni pomišljao da bi se avioni mogli upotrijebiti u borbi, jer se smatralo da će oni samo dopuniti balone u izviđanju.

Srbija je 1912. nabavila u Francuskoj šest aviona (1 Blériot jednosjed, 2 Blériota dvosjeda i 3 Farmana dvosjeda), a u Nišu je organizirala balonsku četu s postajom golubova pismonoša.



Prvi srpski vojni avion upotrijebljen je 1912. u balkanskom ratu za izviđačku službu. Bio je naoružan samo jednim pištoljem. Drvena okosnica bila je obložena platnom. Konstruirao ga je Louis Blériot. Avion, dug 8 m, imao je motor od 25 KS i raspon krila od 7,2 m

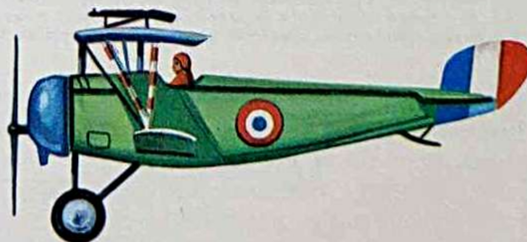
Osim toga bila su zaplijenjena dva turska aviona, koja su se u početku balkanskog rata zatekla u Srbiji na prolasku iz Njemačke u Tursku. Srbija je u balkanskom ratu imala »aeroplansku eskadru« od sedam aviona i pet pilota, od kojih je jedan bio francuski oficir.

Avioni u ratu 1914—1918. U to doba avioni su se već gradili u svim većim evropskim i američkim državama. U prvi svjetski rat 1914. Saveznici (Francuska, Velika Britanija, Belgija, Italija i SAD) su ušli sa 7304 ratna aviona, a Centralne sile (Njemačka i Austro-Ugarska) sa 3272 aviona. Ukupno je, dakle, 1914. bilo već 10 576 aviona prve borbene linije, tj. bez aviona u pozadini i školskih aparata.

U početku rata avioni nisu bili naoružani i upotrebljavali su se samo za izviđanje. U zračnim prostranstvima ubrzo se pojavilo neko posebno viteštvo, u sredovječnom smislu riječi. Neprijateljski piloti su se susretali u zraku i prijateljski pozdravljali, jer ih je povezivala zajednička strast za letenjem i sportsko takmičenje da se što dulje održe u zraku. I kasnije, kad su zbog neumoljivih ratnih zakona, jedni morali sprečavati izviđanje drugima, viteški se duh zadržao i u zračnim dvobojima, a oboreni se protivnik poštivao kao ratni drug iz plavih visina. Ruski pilot *Pjotr Nesterov* izvršio je 1914. prvi napad naletjevši nenaoružanim avionom na neprijateljski avion, ali je u strašnom sudaru i sam poginuo. Onaj pilot koji je u ratu oborio više od pet aviona dobivao je naslov *asa*, a najbolji se od njih nazivao *as asova.*

Da bi se spriječilo izviđanje neprijateljskim izviđačima najprije su se naoružali izviđački avioni, tzv. *skauti*, koji su se vrlo brzo pretvorili u zračne *lovce*. Kad se ustanovilo da se iz aviona mogu napadati u neprijateljskoj pozadini: čete, putovi, željezničke pruge, opskrbne kolone i strategijski važna mjesta, izgrađeni su avioni većeg doleta i veće nosivosti koji su se nazvali *bombarderi.* Nakon toga gradili su se sve usavršeniji tipovi aviona za upravljanje artiljerijskom vatrom, za odbijanje neprijateljskih pješadijskih juriša mitraljeskom vatrom, za torpediranje brodova, za lov podmornica i za izvršavanje mnogih drugih zadataka. Zbog toga se vrlo naglo razvijala aeronautička industrija.

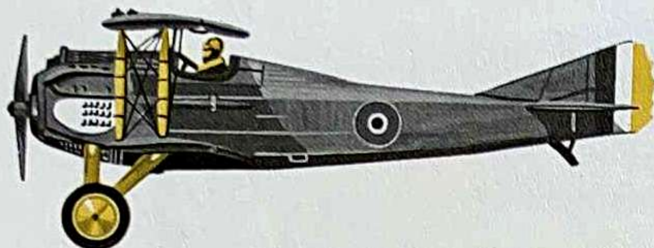
U pet ratnih godina izgrađeno je oko 250 različitih tipova aviona, ili prosječno jedan tip tjedno. Ukupno je u tom ratu izrađeno oko 160 000 aviona, a poneki su 1918. mogli letjeti brzinom većom od 220 km na sat i nositi nekoliko stotina kg bomba.



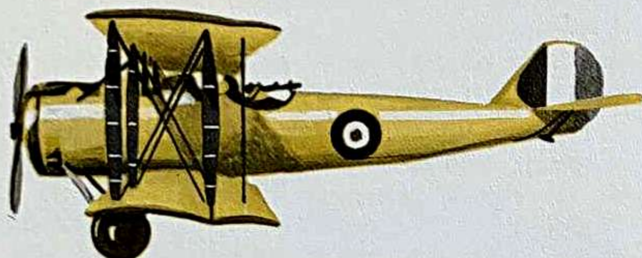
Desno: Nieuport 11 bébé, lovac jednosjed iz 1916. Izvrstan avion, nazvan bébé (lutka), jer je bio malen. Raspon krila 7,5 m, duljina 5,7 m, motor Gnôme od 80 KS, brzina 155 km na sat, dolet 300 km, 1 mitraljez. U početku najbolji lovac francuskih zračnih asova

Dolje: Voisin 5, izviđač-bombarder, dvosjed i trosjed iz 1914. Izradio ga je prvi francuski graditelj Charles Voisin. Poslije 1915. upotrebljavao se samo kao noćni bombarder. Motor Salmson od 150 KS, brzina 100 km na sat, dolet 350 km, mitraljez, bomba od 10 kg





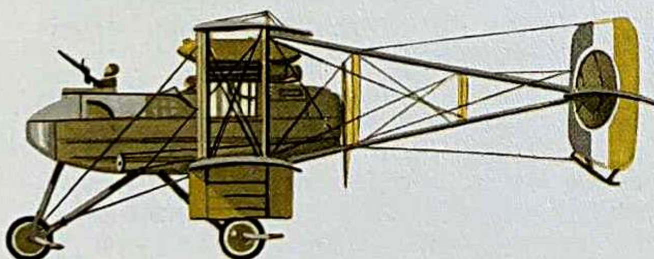
Lovac jednosjed »Spad S VII« iz 1917. Najbolji saveznički lovac u prvome svjetskom ratu. Proslavio se u čuvenoj eskadrili »Cicogne« (roda). Do kraja rata izrađeno ih je više od 9000. Motor Hispano-Suiza od 180 KS, brzina 205 km na sat, dolet oko 350 km. Bio je naoružan s dva mitraljeza. Njime se proslavio francuski as R. Fonck



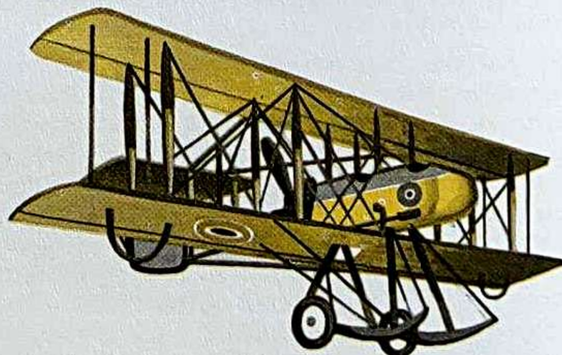
Dvosjed »Salmson 2« iz 1918. Najbolji izviđački avion potkraj rata. Mogao se obraniti i od lovaca. Izrađeno ih je oko 3200. Motor Salmson od 260 KS, brzina 185 km na sat, dolet 550 km, 3 mitraljeza



Najbolji britanski lovac izviđač, jednosjed »Avro 504« iz 1914. Borio se protiv njemačkih lovaca i cepelina. Izrađeno ih je 8350. Motor Rhône od 110 KS, brzina 140 km na sat, 1 mitraljez, više bomba

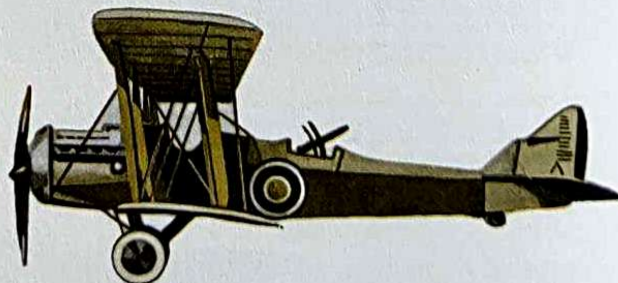


Izviđač bombarder, dvosjed »Breguet B. M. 5« iz 1916. Kasnije samo izviđač. Prvi avion na kojemu je montiran top. Motor Renault od 265 KS, brzina 140 km/sat, dolet 700 km, 1 top, 1 mitraljez, 300 kg bomba

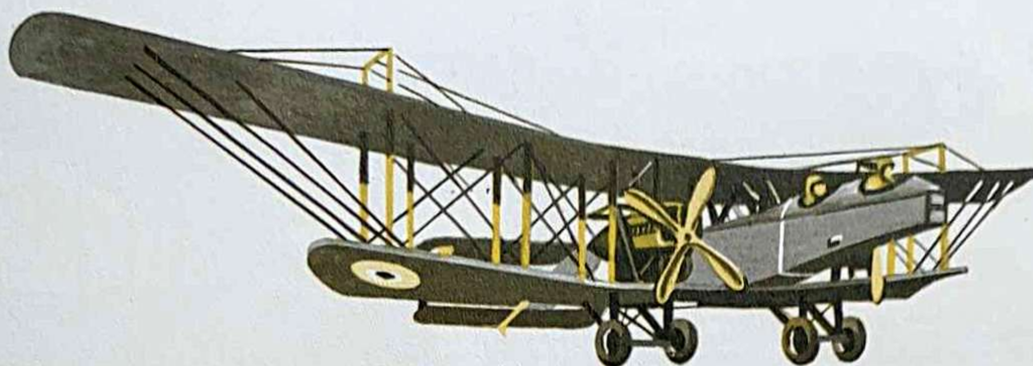


Izviđač i lovac, dvosjed »Vickers F. B. 5« iz 1915. Prvi avion naoružan mitraljezom. Potkraj 1915. odbačen zbog sporosti. Motor Gnôme od 100 KS, brzina 110 km/sat, dolet 450 km, 1 mitraljez i 3 bombe

Francuska je 1914. imala najviše vojnih aviona, pa ipak ih u prvoj borbenoj liniji nije bilo više od oko stotinu. Međutim, kad se pojavio prvi njemački avion na pariškom nebu, nastao je golemi polet u francuskoj avionskoj industriji. U posljednjih pet mjeseci 1914. izrađeno je 540 aviona, ali proizvodnja je i dalje brzo rasla. God. 1918. francuska je aeronautička industrija dostigla kapacitet od 25 000 aviona godišnje. Zbog toga je ona mogla udovoljavati svima domaćim zahtjevima i uz to prodavati avione Velikoj Britaniji, Italiji, Rusiji i Americi. Od 1914. do 1918. Francuska je izgradila 51 000 aviona, najviše izviđačkih i lovačkih, a od njih su bili najčuveniji *Spad* i *Nieuport*. Francuski as *Roland Garros*, koji je prvi preletio Sredozemno more, dosjetio se da bi se mitraljez i elisa mogli izraditi tako da se može gađati kroz obrtno polje elise kad se ona okreće punom brzinom. Usporedno s avionima usavršavali su se i piloti. As asova bio je kapetan *René Foncle* sa 73 pobjede, a najčuveniji asovi bili su: *George Nungesser* (č. Nenžeser) s 45 pobjeda, poručnik *George Madon* (41 pobjeda), poručnici *Navarre*, *Bojau* (Božo) i *Coiffard* (Koafar). Još se u francuskom zrakoplovstvu čuva uspomena na čuvenu eskadrilu *Cicogne* (Sikonj = = roda), u kojoj su avioni nosili lik rode.

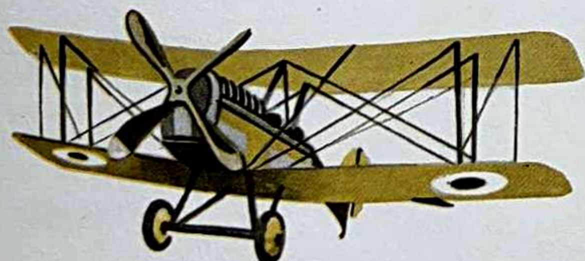


Bombarder izviđač, dvosjed »R. E. 8« iz 1916. iz tvornice Royal Aircraft Factory. Iako spor odupirao se lovcima. Izrađeno ih je 4000. Motor Raf 150 KS, brzina 155 km na sat, 3 mitraljeza, 120 kg bomba



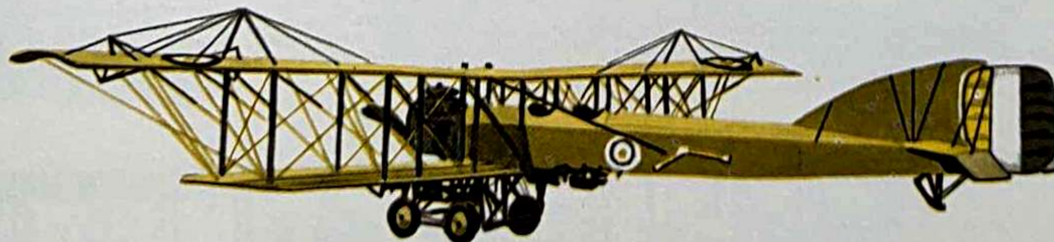
Britanski teški bombarder »Blackburn Kangaroo« iz 1918. Prije svršetka prvog svjetskog rata, uvršteno je u borbu samo 11 ovakvih bombardera. Pokazali su se vrlo uspješnim u protupodmorničkoj borbi. Poslije svršetka rata, ovi su se avioni ponešto preuređeni dugo vremena upotrebljavali u civilnom zrakoplovstvu. Dva motora Rolls-Royce Falcon od po 250 KS, najveća brzina 160 km na sat, dolet civilnih aviona bio je različit, prema preinakama i broju putničkih sjedala. U ratu su nosili 2 mitraljeza i oko 500 kg bomba

Velika Britanija je 1914. jedva mogla prikupiti nekoliko izviđačkih aviona da bi ih uputila na evropsko ratište. Kako nije bilo ni aeronautičke industrije, zrakoplovstvo se moralo opremati francuskim avionima. Međutim, britanska industrija je brzo nadoknadila izgubljeno vrijeme jer je imala dobro razvijenu metalnu industriju, u izobilju sirovina i izvrsne konstruktore, kao što su bili *Geoffrey de Haviland* (Džefri de Hevilend) i mnogi drugi. U tvornicama *Avro, Airco, Armstrong Whitworth, Bristol, Handley Page* (Hendli Pejđ) *RAF* (Royal Aircraft Factory, č. Rojal Ejrkreft Fektori = Kraljevska tvornica aviona), *Short* (Šort), *Sopwith, Vickers* (Vikers) i u 28 manjih izrađeno je u pet ratnih godina oko 40 000 aviona. Najčuveniji su bili *Avro 504, RE 8, SE 5* i, najbolji *Camel.* Kako bi uzvratili milo za drago Nijemcima, koji su cepelinima i bombarderima napadali London, Britanci su izgradili i nekoliko teških bombardera, koji su se poslije rata 1919. istakli veoma dugim letovima. Tvornica Vickers usavršila je mehaničku vezu između mitraljeza i motora tako da se mitraljezom moglo sigurno gađati kroz plohu elise između njezinih krakova iako se ona okretala punom brzinom. Britanski avioni uskoro su djelovali iznad Velike Britanije, na evropskim i drugim frontama. As asova bio je jednooki major *Edward Mannock* (sa 73 pobjede), a za njim su slijedili asovi: Kanađanin pukovnik *William Bishop* (Bišop) sa 72 pobjede, Englez *Raymond Collishaw* (68) i Škot *John McCuddan* (58).



Najbolji britanski lovac jednosjed u prvome svjetskom ratu »S. E. 5A« iz 1917. Njime su se borili asovi Mannock i Bishop. Konstruirao ga je Folland. Izrađeno je 5150 aparata. Motor Hispano-Suiza od 200 KS, brzina 220 km na sat, dolet oko 500 km, dva mitraljeza

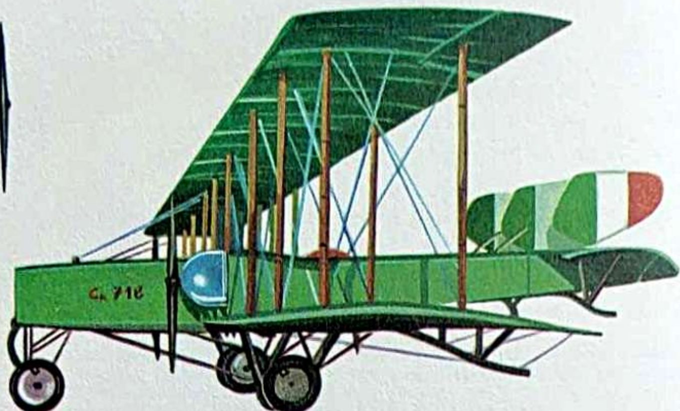
Britanska zrakoplovna industrija osobito se istakla teškim dvomotornim bombarderima; ponajviše tvornica Vickers sigurnim avionima, a tvornica Rolls-Royce pouzdanim motorima. Noviji tip *Vickers Vimy IV* prvi je preletio Atlantski ocean, prevalivši put od 3000 km, a drugi avion istog tipa preletio je 18 000 km dug put iz Engleske u Australiju za manje od 28 dana.



Britanski bombarder dvosjed »Short Bomber« iz 1916. Bio je najveći britanski jednomotorni bombarder. Stupio je u rat u 6. XI 1916. kad je noću žestoko bombardirao Oostende. Nakon toga bombardirao je i susjedne gradove. Izviđač je sjedio sprijeda radi boljeg gađanja mitraljezom. Ukupno je izrađeno 109 takvih aviona, a povučeni su iz borbe kad su ih nadomjestili »Handley Page 0/400«. Motor Sunbeam od 225 KS, najveća brzina 110 km na sat, dolet oko 550 km, bio je naoružan samo jednim mitraljezom ali je nosio 450 kg bomba



Talijanski izviđač, dvosjed »Pomilio P. E.« iz 1917. Najpopularniji i najviše upotrebljavani izviđač na talijanskoj fronti potkraj drugoga svjetskog rata. Izrađeno je oko 1700 takvih aviona. Motor Fiat od 260 KS, najveća brzina 195 km na sat, dolet 600 km. Naoružan s dva mitraljeza



Talijanski bombarder »Caproni CA 31« iz 1915. Jedan od prvih strategijskih bombardera. Noviji tip »CA 33« imao je tri motora od 150 KS, brzina 135 km na sat, dolet 450 km, 2 mitraljeza i 450 kg bomba

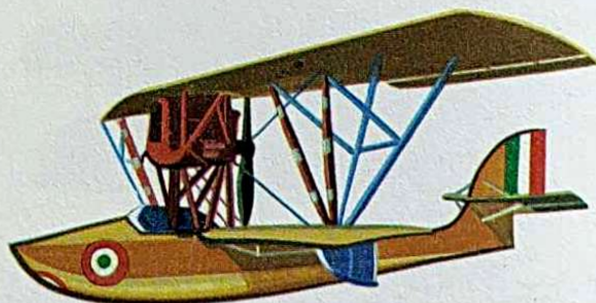
Italija je prva upotrijebila avione u ratu, u Libiji 1911. Međutim, ona nije iskoristila stečena iskustva i nije podigla aeronautičku industriju. Iako je u prvi svjetski rat ušla tek 1915, gotovo godinu dana poslije drugih saveznika ona je na dan objave rata raspolagala samo s 86 aviona. Zbog toga je morala užurbano kupovati avione u Francuskoj i podizati tvornice aviona. God. 1915. talijanske su tvornice izradile 382 aviona po francuskim licencijama, ali su u iduće tri godine izrasle velike tvornice aviona *Macchi* (Maki), *Ansaldo*, *Caproni* (Kaproni), *Pomilio*, *Salm*, *Savoia* i *Fiat-Sia*, koje su izradile 19 000 aviona, od kojih su mnogi: *SVA*, *Ansaldo Balilla* i veliki *Capronijevi* bombarderi izrađeni po talijanskim konstrukcijskim planovima. Talijanski as asova bio je *Francesco Baracca* (Frančesko Baraka) (s 34 pobjede), a najbolji su asovi bili: *Scaroni* (26 pobjeda), *Piccio* (Pićio, 24), *Baracchini* (Barakini, 21) i *Ruffo di Calabria* (Kalabrija, 20).



Najbolji talijanski izviđač i lovac »Ansaldo SVA 5« iz 1917. Za rata izrađeno je 1300 aviona ovog tipa. Ferrarin je 1922. s dva aviona preletio 18 000 km dug put iz Rima u Tokyo u više etapa. Jedan je prvi preletio Ande. Motor od 220 KS, brzina 207 km na sat. U ratu je bio naoružan s 3 mitraljeza i s četiri bombe od 10 kg

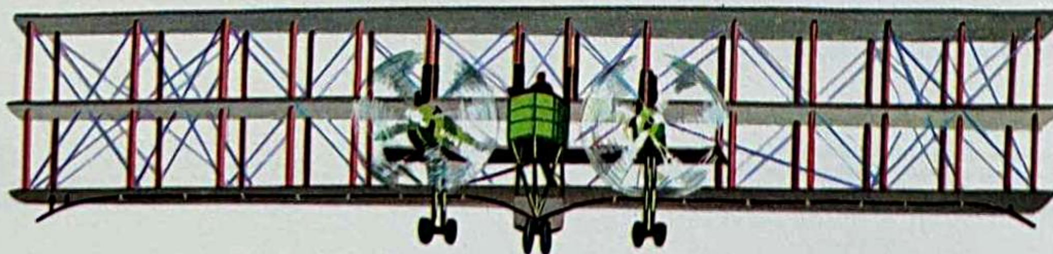


Talijanski izviđač, dvosjed »Fiat R2« iz 1918. Prvi avion tvornice Fiat. Motor 300 KS, brzina 175 km na sat, dolet 550 km 2 mitraljeza



Talijanski hidroavion lovac jednosjed »Macchi M5« iz 1918. Kopija austrijskog »Lohnera«, koji se zbog kvara spustio kod Venecije i nije uništen. Motor 170 KS, brzina 205 km na sat, dolet oko 600 km

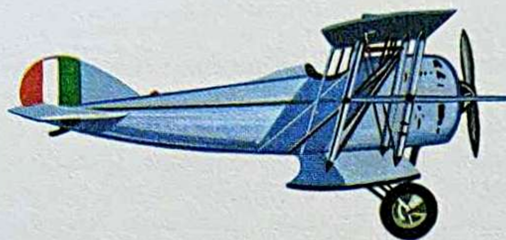
Dolje: talijanski tromotorni bombarder trokrilac »Caproni CA 40« iz 1918. Raspon krila 30 m, duljina 15 m, visina 6,3 m. Izrađivao se u Francuskoj i SAD. Služio je i za danje bombardiranje. Tri motora od 200 KS, brz. 140 km/sat, dolet 700 km, 4 mitraljeza, 1500 kg bombi





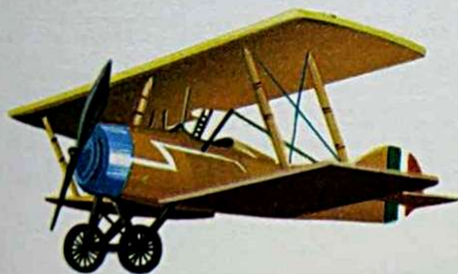
Ruski teški bombarder »Sikorski Ilja Muromec« iz 1914. Prvi četveromotorni avion na svijetu, izvrsnih svojstava. Mogao je prevoziti 16 ljudi brzinom od 100 km na sat. Kad je buknuo rat izrađeno je osam takvih aviona, koji su nekoliko puta uvršteni u borbe kao teški bombarderi. Četiri motora Argus ili Salmson ili Renault od 100, 120 ili 150 KS, brzina 100 km na sat, dolet 800 km, 4 mitraljeza, 450 kg bomba

Rusija je u početku rata raspolagala s oko 50 francuskih aviona *Caudron* (Kodron), *Farman*, *Morane* (Moran) i *Voisin* (Voazen). Aeronautičke industrije gotovo nije ni bilo, ali se istaklo nekoliko ruskih konstruktora od kojih su poneki bili zacijelo među najboljima na svijetu. *A. F. Možajski* je od 1882. do 1885. vršio pokuse avionom na zemlji i u zraku. U Rusiji su se gradili avioni originalne konstrukcije koji su se znatno razlikovali od drugih, a isticali su se veličinom i nosivošću. Profesor inženjer *Igor Sikorski* konstruirao je avion *Grand* sa dva motora od 100 KS, koji je sa sedam osoba mogao letjeti brzinom od 80 km na sat. Iste godine izradio je sličan avion *Ruskij Vitjaz* težak 4200 kg, s 4 motora od po 100 KS. Nakon toga Sikorski je konstruirao drugi tip aviona velike nosivosti *Ilja Muromec IMB* s četiri motora (2 od 140 KS i 2 od 125 KS), težak 4550 kg, koji je mogao nositi 1500 kg tereta. God. 1916. konstruiran je četveromotorni avion *Ilja Muromec IM-E 1* s ukupno 880 KS, težak 7000 kg, s 2000 kg korisne nosivosti, koji je dostizao brzinu od 130 km na sat. Iste godine dovršen je dvomotorni *Svjatogor* sa snagom od 450 KS, težinom od 6500 kg, nosivošću od 3000 kg, brzinom od 114 km na sat i doletom od 3000 km. Oktobarska revolucija 1917. je prekinula za neko vrijeme razvoj ruskih zračnih gorostasa. As asova bio je kapetan *Kazakov* sa 17 pobjeda, a najbolji as *Argujev* s 15 pobjeda.



Američki izviđač jednosjed »Standard E-1« iz 1918. U borbama je bilo 98 aviona. Motor Rhône od 80 KS, brzina 160 km na sat, dolet 500 km. Bio je naoružan 1 mitraljezom ili opremljen foto-aparatom

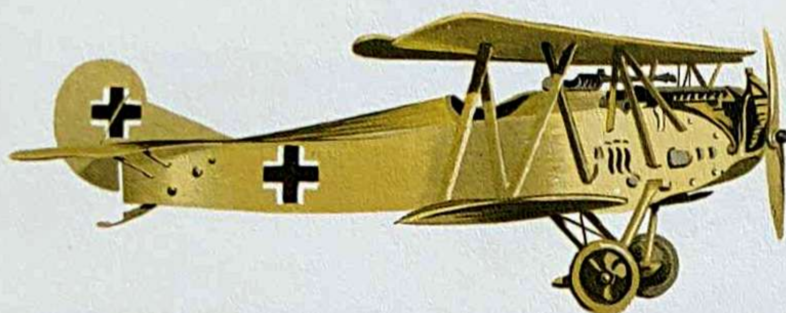
Sjedinjene Američke Države zatekao je prvi svjetski rat posve nespremne. Zemlja, gdje je poletio prvi motorni zrakoplov teži od zraka, nije imala aeronautičke industrije ni vojnih aviona, osim nekoliko školskih. Zbog toga je mirnodopska industrija odmah preuzela inozemne licencije i počela izrađivati engleske avione *de Haviland DH 4* i talijanske *Caproni CA 31*. Do kraja rata SAD su izgradile 1200 aviona i kupile oko 5000 francuskih i britanskih. Američki piloti istakli su se kao izvrsni borci, osobito oni u eskadrili *Lafayette* (Lafajet), koja je bila sastavljena od dobrovoljaca i uvrštena, najprije u francusku zračnu silu, a zatim u američki ekspedicijski korpus. As asova bio je kapetan *Edward Rickenbacker* s 26 pobjeda, a najbolji su asovi bili poručnik *Frank Lule* 19) i major *John Lufbery* (17).



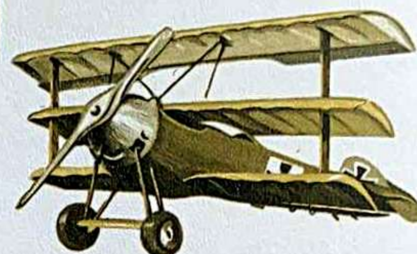
Američki školski jednosjed »Thomas-Morse S-4C« iz 1917. Budući da su SAD ušle u prvi svjetski rat bez aviona i bez zrakoplovne industrije, ubrzano su se izrađivali britanski avioni DH-4 i talijanski CA-31. Izrađeno je 1200, od ukupno 6200 aviona kojima su SAD raspolagale u Evropi. Međutim, najviše se osjećao nedostatak pilota. Kako bi se ubrzalo uvježbavanje zrakoplovaca, najviše su se izrađivali školski avioni ove vrste. Motor Gnôme od 100 KS, najveća brzina 160 km na sat, naoružanje 1 mitraljez (ili 1 foto-aparat)



Njemački lovac i izviđač, dvosjed »Halberstadt CL II« iz 1917. godine. Bio je vrlo opasan četama na tlu, jer ih je žestoko napadao mitraljeskom vatrom i granatama. Ovaj je tip strahovito napadao britanske trupe kod Cambraia, u studenome 1917. godine. Bio je vrlo koristan Nijemcima za naslina izviđanja. Motor Mercedes od 120 KS, brzina 145 km na sat, raspolagao je doletom od 250 km, 1 mitraljez i granate. Prednji mitraljez gađao je sinhrono s motorom, kroz polje elise



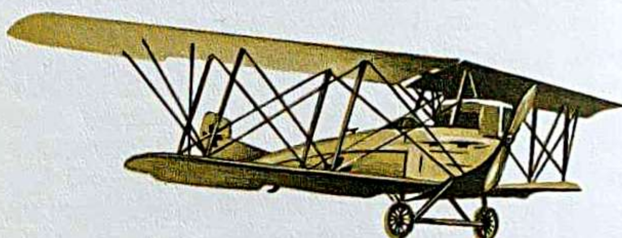
Njemački lovački avion »Fokker D7« iz 1918. Najbolji njemački avion lovac potkraj svjetskog rata. Uvršten u borbu 1918. u eskadrili »Richthofen Circus«. Opasan protivnik savezničkim lovcima. Motor Mercedes 180 KS, brzina 174 km na sat, dolet 350 km, 2 mitraljeza



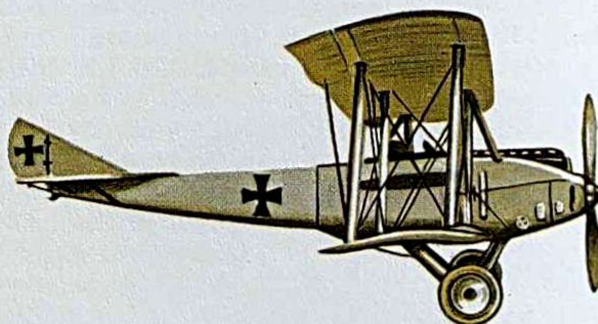
Njemački lovac jednosjed »Fokker DR 1« iz 1917, nizozemske tvornice Fokker. Konstruiran prema britanskom trokrilcu »Sopwith«. Pošto je u aprilu 1918. na njemu poginuo as asova Richthofen, povučen je iz borbe. Motor Oberursel od 110 KS, brzina 190 km na sat

Njemačka i Austro-Ugarska. Glavnu zračnu silu izgradila je Njemačka. U pet ratnih godina ona je proizvela 48 500 aviona. Nijemci su brzo nadoknadili predratno zakašnjenje i naglo podigli zrakoplovnu industriju. To im nije bilo teško jer je njemačka metalna industrija bila dobro razvijena, a bilo je i nekoliko izvrsnih konstruktora, kao: *Heinkel, Platz,* Nizozemac *Fokker* i dr. Fokker je konstruirao i najbolju vezu između motora, elise i mitraljeza tako, da se moglo velikom brzinom gađati kroz obrtni disk elise između krakova. Nijemci su izgradili nekoliko izvrsnih vojnih aviona, kao npr. *Albatros Fokker DR 1* i *D 7*, koji su, iako u manjini, neko vrijeme zagospodarili zrakom. Nijemci su usavršavali i cepeline pa su od 1916. bombardirali London, vjerujući da će takvim napadima pokolebati moral londonskog stanovništva. As asova bio je »crveni đavo« *Manfred von Richthofen* s 80 pobjeda, a najbolji su asovi bili: *Ernest Udet* (62), *Erich Löwenhardt* (56), *Werner Voss* (48) i drugi, koji su se najviše borili u eskadrili »Richthofenov cirkus«.

Austro-Ugarska je za rata izradila samo 4500 aviona, ali je njezina industrija proizvodila izvrsne aparate. Osobito se istakao austrijski konstruktor *Ugo Etrich*. Neke su od njegovih tipova kopirale i neprijateljske tvornice. Tako je talijanski *Macchi M 5* izrađen prema austrijskom tipu hidroaviona *Lohner*, od kojih je jedan aparat bio oboren ali gotovo neoštećen, a Talijani su ga zarobili blizu Venecije.

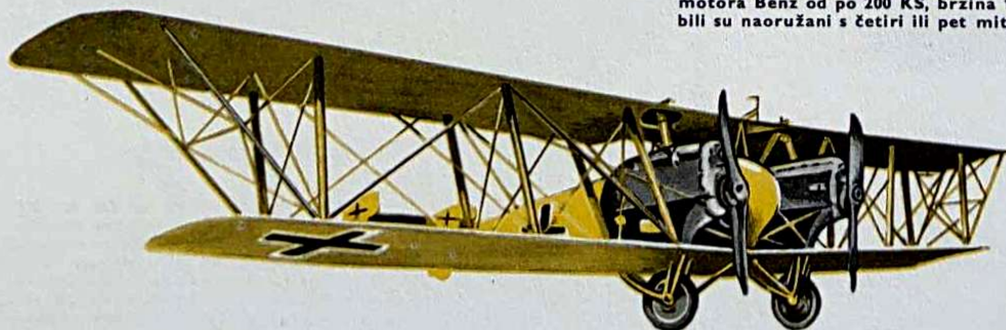


Austrijski izviđač dvosjed »Lohner B VII« bečke tvornice Lohner iz 1915, koja je prve avione izrađivala 1912. Borio se na svim frontama. Motor Austro-Daimler, 150 KS, brzina 135 km na sat, 1 mitraljez



Njemački izviđač, dvosjed »L. U. G. CIV« iz 1916, prvi koji je danju nadletio London 28. XI 1916. (Nekoliko mjeseci prije bombardera.) Konstruktor Švicarac Franz Schneider. Motor Mercedes od 220 KS, brzina 150 km na sat, 2 mitraljeza. Kasnije CV i CVI bili su bolji

Dolje: njemački teški bombarder »Gotha G VII« iz 1917. Najbolji njemački avion te vrste. Grupa od četrdeset aviona, koju je vodio major Brandenburg, strahovito je bombardirala London, danju 13. VI 1917. Nakon toga bombardirali su druge britanske i francuske gradove, ali su te bombardere ubrzo suzbili saveznički brži lovci. Dva motora Benz od po 200 KS, brzina 140 km na sat, dolet oko 560 km, bili su naoružani s četiri ili pet mitraljeza i nosili su 450 kg bomba





Britanski hidroavion »Navy Curtiss« iz 1919. Tri hidroaviona ovog tipa poletjela su 6. V 1919. iz Newfoundlanda, preko Atlantskog oceana u Veliku Britaniju. Dva su morala odustati, ali treći »NC 4«, je u tri etape, preko Azora i Portugala, stigao u Plymouth, gdje je oduševljeno dočekan. On je, doduše u tri etape, prvi preletio Atlantski ocean od zapada na istok. Tri motora Liberty od po 420 KS, brzina do 145 km na sat, dolet oko 2350 km, prevozio je tri člana posade

OD 1918. DO LINDBERGHA

Prvi svjetski rat je završio 11. XI 1918. Sutradan poslije primirja na svim je aerodromima u Evropi iznenada zavladao neobičan mir. Nigdje buke od avionskih motora, ni one živosti koja se obično viđa prije uzlijetanja. Uzletišta su bila prazna, a avioni zbijeni uz rubove aerodroma i napušteni. Piloti su s putnim torbama prilazili svojim metalnim pticama, promatrali ih, poneki su se zanijeli i pogledali im blistave trupove, a nakon toga su odlazili svojim kućama i prihvaćali se davno zaboravljenih poslova. Svršilo je veliko poglavlje u povijesti čovječanstva i zrakoplovstva. Čovjek kao da je napustio tek osvojene plave visine. . .

Međutim, u ratu je uz goleme žrtve sagrađeno na tisuće dobrih aviona, a stečena su i dragocjena iskustva. Zar je bilo moguće da će se sve to zauvijek napustiti? Mnogo je zračnih vitezova htjelo i dalje letjeti, a nepregledno su mnoštvo dobrih aviona armije nudile na prodaju gotovo u bescjenje. Sve je to mnoge potaklo na pomisao da avione treba iskoristiti na dobrobit čovječanstva za prijevoz putnika i robe i u mnoge druge korisne svrhe.

Iduće, 1919. godine otvorene su prve civilne zračne pruge između Berlina, Leipziga i Weimara, između Pariza i Londona te između Pariza i Bruxellesa. Već su te prve godine civilni avioni prevezli više od 5000 putnika. Ali, to nisu bili obični građani, koji se udobno i sigurno žele prevesti iz jednog mjesta u drugo, nego većinom opet bivši asovi ili hrabri ljudi čeličnih živaca. Obični građani su avion u to doba smatrali još veoma opasnim aparatom. Trebalo je velikim pothvatima steći povjerenje baš takvih putnika, koji su najbrojniji na svim putovanjima. Hrabri piloti, koji su u ratu osvajali nebo, morali su od 1919. do 1927. pridobivati ljude na zemlji.

Američka mornarica prva je 6. V 1919. uputila tri hidroaviona *Curtiss* iz Trepassyja na Newfoundlandu (Njufaundlendu) preko Azora i Portugala u Englesku. Dva su se hidroaviona morala prisilno spustiti usred Atlantika, ali treći *Curtiss N-C 4* s poručnikom *Johnom Towersom* (Tauersom) stigao je sretno 17. V na Azore, 27. V u Lisabon i 31. V u Plymouth u Engleskoj, gdje je dočekan s iznenađenjem i oduševljenjem.

Već poslije nekoliko nedjelja učinjen je još veći pothvat. Dvomotorni bombarder *Vickers Vimy IV* preletio je Atlantski ocean iz Amerike u Evropu bez spuštanja. Britanski kapetan *John*

Britanski dvomotorni avion bombarder »Vickers Vimy IV« iz 1918, kojim su 14. VI 1919. kapetan John Alcock i poručnik Arthur Whitten-Brown (Uitn Braun), prvi preletjeli Atlantski ocean bez slijetanja iz Newfoundlanda u Irsku, za 16 sati i 27 min. Iste godine bombarderom tog tipa preletio je australski kapetan Ross Smith, iz Londona u Australiju, daljinu od 18 000 km, za 28 dana. Dva motora Rolls-Royce ili Napier D8, brzina 190 km na sat, dolet 2400 km



Alcock (Olkek) i poručnik *Arthur Whitten-Brown* (Uitn-Braun) poletjeli su 14. VI 1919. iz Saint John'sa na Newfoundlandu, preletjeli Atlantski ocean (3000 km) za 16 sati i 12 min. i spustili se 15. VI u Cliftonu u Irskoj.

Isti pothvat ponovio je još, mnogo uspješnije britanski upravljivi zrakoplov *R-34*, koji je 2. VI 1919. otplovio iz East Fortunea (Ist Forčena) u Škotskoj i 6. VI stigao u Mineolu (New Jersey) za 108 sati leta. *R-34* je 10. VII krenuo iz Mineole natrag i 13. VII stigao u Pullham (Velika Britanija) za samo 75 sati leta.

Australijski kapetan *Ross Smith*, drugim avionom *Vickers Vimy IV* prvi je preletio, za 27 dana i 20 sati, 18 000 km dugi put iz Engleske u Australiju s više spuštanja.



Britanski avion »Airco DH 4A« iz 1919. Društvo Aircraft and Travel otkupilo ga je od britanske vojske i 25. VIII 1919. uspostavilo prvu svakodnevnu prugu London—Pariz. Avion je prevozio 1 putnika



Talijanski avion devetokrilac »Caproni C-60 Transaereo« iz 1919. Prema planu trebalo je da prevozi preko Atlantika 12 t robe ili oko 100 putnika, brzinom od 130 km na sat. Raspon krila 30 m, dužina 23,5 m, visina 9,2 m, težina praznog aparata 14 t. Iako je imao 8 motora od 400 KS, nije mogao uzletjeti s morske površine. Budući da je projekt bio preuranjen za to doba, tvornica Caproni je, nakon više bezuspješnih pokusa hidroavion napustila i demontirala ga

Američki poručnici *W.B. Maynard* i *Alex Pearson* (Pirzn) preletjeli su, uz više spuštanja, čitav američki kontinent iz New Yorka u San Francisco i natrag od 8. do 18. X 1919.

Talijanska tvornica *Caproni* izgradila je 1919. golemi hidroavion *C-60 Transaereo* s devet krila, koji je s 12 000 kg tereta ili 106 putnika imao da preleti Atlantski ocean brzinom od 130 km na sat. *Transaereo* je imao raspon krila od 30 m, bio je dug 23,45 m i visok 9,15 m. On je za to doba bio prevelik; težio je 14 tona, pa unatoč snazi motora od 3200 KS (4 × 400 KS) nije mogao uzletjeti s vode.

Unatoč svim uspjesima, mlada su se zrakoplovna društva borila s velikim teškoćama, jer stari tipovi vojnih aviona nisu bili pogodni za prijevoz putnika. Dok se u svjetskim novinama raspravljalo o potrebi da se konstruiraju posebni avioni za civilnu avijaciju, a vojni avioni da se odvoje i prikupe u novi vid vojne sile: *vojno zrakoplovstvo*, hrabri piloti su i dalje neumorno osvajali nove putove na Zemlji.

God. 1923. jedan *Fokker T2* prvi je preletio čitave Sjedinjene Američke Države od atlantske do pacifičke obale bez spuštanja, a 18. III 1924.



Nizozemski jednomotorni avion »Fokker T2« iz 1919. Konstruirao ga je Anthony Fokker. Njime su američki vojni piloti J. Macready i O. Kelly prvi preletjeli čitavu državu, iz New Yorka u San Diego, tj. rutom duljom od 4000 km, bez spuštanja, brzinom od 150 km na sat

četiri američka aviona *Douglas World Cruiser* (Daglas Verld Krjuizer) krenula su iz Seattlea (Sjetla) na put oko svijeta. Jedan se avion, doduše, srušio nešto poslije polaska u Aljasci, ali su ostala tri preletjela: Japan, Kinu, Tajland, Burmu, Indiju, Iran, Irak, Siriju, Tursku, Rumunjsku, Madžarsku, Austriju, Francusku, Veliku Britaniju i Atlantski ocean, prevalila su 44 000 km i 28. IX sretno stigla natrag u Seattle. Gotovo u isto doba Englez *Alan Cobhan* uspješno je preletio put iz Londona u Rangoon (Rangun) u Burmi, a 1925. iz Londona u Cape Town (Kejp Taun) u Južnoafričkoj Republici i natrag.

Osnivala su se nova zrakoplovna društva i izgrađivali pravi putnički avioni, kao npr. engleski *Handley Page W8* i *Armstrong-Withworth Argosy*, njemački *Dornier Wall* i dr. Inženjeri su gradili

udobne kabine i već proučavali kako bi se one hermetski zatvorile da putnici ne osjećaju neudobnu visinu. U to doba na avionima se uvode zvjezdasti motori hlađeni zrakom.

Međutim, veliki se letovi nastavljaju. Talijan *Francesco de Pinedo* avionom *Savoia-Marchetti S 16 TER* poletio je 1925. iz Italije i nakon više spuštanja stigao u Melbourne u Australiji, a preko Tokyja u Japanu vratio se sretno u Italiju, pošto je prevalio 55 000 km.

Poručnik američke mornarice *Richard Byrd* (Ričard Berd) preletio je 9. V 1926. Sjeverni pol tromotornim *Fokkerom*, kojim je pilotirao *Floyd Bennet*. Poslije samo dva dana sjeverni geografski pol preletio je i *Roald Amundsen* upravljivim zračnim brodom (cepelinom) *Norge*.

Čuvenim se pilotima sad već činilo da je došao dan kad bi trebalo izvršiti najprimamljiviji pothvat: preletjeti Atlantski ocean bez spuštanja, to prije što je 1919. američki milijarder *Orteig* obećao nagradu od 25 000 zlatnih dolara onom pilotu koji prvi preleti 5200 km dug put što dijeli New York od Pariza.

Dok su se piloti asovi: *Fonck*, *Nungesser*, *Byrd*, *Noel Davis* i *Stanton Wooster* uz mnogo buke pripremali da velikim i čuvenim avionima izvrše taj opasni pothvat, dotle se u San Diegu u Kaliforniji pripremao nepoznati pilot, s 2000 sati leta u poštanskoj službi, *Charles Augustus Lindbergh*.



Njemački avion »Junkers G24L« iz 1925. Prvi Junkersov putnički tromotorni jednokrilac. Motori Junkers od 310 KS, brzina 179 km na sat, 11 putnika (2240 kg tereta). Čest avion na evropskim prugama



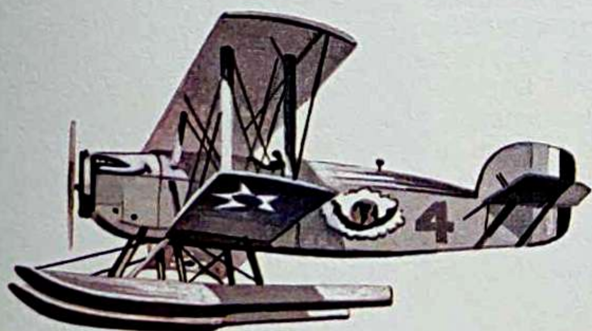
Njemački hidroavion »Dornier Do Wal« iz 1923. Na mnogim prugama u Evropi. Do 1919. vojni hidroavion u Jugoslaviji. Dva motora Rolls-Royce od 360 KS, brzina 225 km/sat, dolet 2200 km, 10 putnika

On je nadzirao u malim radionicama *Ryan* gradnju jednomotornog avionćića, na koji je potrošio sve što je prištedio od plaće i uz te se zadužio. Lindberghu nije bilo do nagrade, nego je htio dokazati da se i malim avionom može preletjeti Atlantski ocean. Avionćić je bio dovršen 10. V 1927. i Lindbergh ga je iskušavao za prelet iz San Diega u Saint Louis od 14½ sati.

Let preko Atlantika. Na let preko Atlantika odlučio se *Charles Lindbergh* rodom iz Saint Louisa (Snt Luisa) u SAD. Nakon dugih priprema jednomotorni avion jednokrilac *Ryan MA 211* s motorom Wright (Rajt) od 220 KS spremno je čekao na aerodromu u New Yorku. Avionu kojim je Lindbergh krenuo na prvi prekoatlantski let dao je ime *Spirit of Saint Louis* (Duh sv. Ljudevita). O tome je letu Lindbergh izdao knjigu u kojoj je opisao svoje doživljaje:

»Vjetar je u zoru 20. V 1927. skrenuo na zapad, pa smo i avion okrenuli iz istočnog u zapadni smjer. Imat ću vjetar od 8 km na sat u leđa; ohrabrujuća promjena. Doista ne znam kako bih se uzdigao preko hangara i kuća s ovako opterećenim avionom. Sad su preda mnom samo telegrafske žice, a iza njih je Atlantski ocean.«

»Motor radi pravilno i jednolično, a platneni kokpit (prostor s pilotskim sjedištem) oko mene se trese. Smanjio sam gas i pogledao na ljude. Nepomično stoje s obje strane iza krila kao kipovi i proučavaju izražaj moga lica. Dosad su vidjeli mnogo pilota koji su otišli unepovrat. Ništa mi ne bi rekli kad bih ugasio motor i odustao od leta. Inženjeri, mehaničari, oni u modrim odorama, učinili su svoje. Sad je na meni red. Motrim kako se preda mnom obrće blistava elisa i osjećam se kao onda u djetinjstvu kad sam htio preskočiti



Američki jednomotorni hidroavion »Douglas World Cruiser« iz 1924. Četiri aparata krenula su 6. IV 1924. iz Seattlea (SAD). Dva su na putu odustala, a druga dva su preletjela, u više etapa, put od oko 45 000 km. Ti su hidroavioni prvi obletjeli zemaljsku kuglu. Motor Liberty od 400 KS, brzina 166 km na sat, dolet dulji od 1100 km



Britanski dvomotorni avion »Handley Page W8 BS« iz 1922. Jedan od prvih britanskih putničkih aviona. Dva motora Rolls-Royce od 720 KS, najveća brzina 170 km na sat, prevozio je najviše do 14 putnika



Britanski tromotorni putnički avion »Armstrong-Withworth Argosy« iz 1926. Nazvan po dubrovačkim karakama XVI st., koje su bile najveći trgovački brodovi na svijetu. Englezi i sada, osobito velik trgovački brod, zovu argosy. Tim se avionima dugo ponosilo društvo Imperial Airways. Pilot je bio na otvorenom, posve izložen nevremenu, ali je 20 putnika putovalo u primitivnoj (tada udobnoj) kabini. 3 motora Jaguar od 115 KS, brzina 177 km/sat, dolet 600 km

poširi potok. Stojim, a u duhu sam ga već preskočio. Privezao sam se za sjedište i namjestio naočari. Kimnuo sam glavom i dao pun gas. Prijatelji guraju krila rukama snažnije nego što motor vuče. Upravljačka palica još ne djeluje, kao da ovo nije moj avion. Suosjećam s njim golemu težinu na kotačima. Brzina se ipak povećava. Drljača se uzdigla sa zemlje, a trava sve brže odmiče. Avion je projurio preko središnjice uzletišta. Sada bih još mogao zaustaviti motor. Ne, naprijed! Povukao sam palicu snažno unatrag, a kotači su se digli sa zemlje. Potisnuo sam ponovno palicu naprijed uz pun gas. Kotači su opet na tlu i projurili su kroz mlaku, a voda štrca do trupa. Lijevo se krilo spustilo i opet podiglo kad sam palicu nagnuo udesno. Još jedan skok. Možda bih sad već mogao ostati u zraku, ali iz opreza opet sam potisnuo palicu naprijed. Voda štrca iz trave preko krila. Treba mi što više brzine i uzgona da uzmognem sigurno prijeći preko žice.«

»Spirit of Saint Louis se odlijepio od staze. Još samo 200 m. Sad više nema povratka; put vodi samo naprijed u zrak, u vodu ili u plamen. Motor mora izdržati paklenu vrtnju još jednu minutu. Uvis dva metra, šest, dvanaest. Žice su ostale ispod mene. U zraku sam s punim rezervoarima i vjetrom u leđa. Smanjio sam gas, i motor bruji mekano i tiho. Izdržao je veliku kušnju. Okrenuo sam se u ovoj platnenoj izbi u kojoj moram izdržati dan i pol. Iza mene odmiče obala, a ispod lijevog krila vidim dubok zaljev.«

»Preletio sam prvi morski rukav. Sklapam kartu New Yorka i razastirem na koljenima drugu. Ispred mene se vide pošumljeni brežuljci. Letim duž Nove Engleske, a more mijenja boju. Preletio sam 160 km, a preda mnom je još 5600 km puta do Pariza. Ispod lijevog krila je Rhode Island (Rod Ajlend). Još 30 minuta do drugog zaljeva; nebo se razvedrava. Tek sam na početku puta, a hvata me san i umor; popustila je u meni napetost. Pružio sam ruku kroz okno i skrenuo zračnu struju u lice da se osvježim. Pogledao sam instrumente i upisao stanje u dnevnik. To mi je pomoglo da se rastresem. Dižem se u veću visinu jer ću se lakše orijentirati po karti. Prelijećem zaljev Saint Mary (Meri). Za 4 sata i 19 min. preletio sam 704 km. Dakle, letim brzinom od 163 km na sat. Vjetar me zanio samo pola stupnja prema jugu; očekivao sam više.«

»Nebo se zastrlo oblacima, sad je više sivila nego modrine. Sa sjevera se primiče oblak pun prijetnji. Morska razina se osula bijelim krestama. Vjetar zacijelo puše brzinom od oko 70 km na sat. Sad se i moja izba naglo propinje i propada, čak se i nagiba. Privezao sam se. Spirit of Saint Louis je, doduše, sada već 200 kg lakši, ali je s rezervnim tankom benzina ipak još opasno preopterećen. Grubi mah vjetra mogao bi iskriviti koje rebro. Usporio sam motor na 1625 okretaja u min. i smanjio brzinu na 145 km na sat. Preletio sam 960 km, a ostaje mi još pet puta toliko...«

»Rt Breton nisam ni zamijetio. Zacijelo su ga zastrli oblaci, ili ga nisam vidio od umora. Zašto me muči pospanost više povrh mora nego iznad kopna? Borim se da ne zadrijemam. Neprekidno ponavljam da sam tek na početku puta i glasno uzvikujem: ‚Važniji je let preko oceana nego san.' Ipak, kako bih se rado opružio u krevetu!... Iznenadilo me ledeno polje. Ispod mene više nije more, nego samo led pun santi. Kad bi sada zatajio motor, za 30 sekundi bih se razmrskao na humcima ledenog polja. Zašto uopće čovjek leti? Neki misle zbog slave ili novca. Ja se zbog toga ne bih izlagao opasnostima. Letim jer volim ovakav život. Može li se i zamisliti napredak civilizacije bez opasnosti?«

»Preda mnom je daleko Newfoundland (Njufaundlend). Ala će se stanovnici iznenaditi kad začuju i ugledaju moj aviončić kako prelijeće preko njih i juri u noć i Atlantik! Prelijećem luku Saint John's (Džons). Slikovite kućice, luka, brodovi. Treba samo potisnuti palicu, smanjiti gas i sletjeti na gladak pristan. Vrijedi li više potrošeni benzin ili život? Projurio je gradić, a između dva

brijega ugledao sam izjedenu obalu i strahovite valove. Uzdignuta podrtina broda koji se razbio na grebenima kao da je posljednja opomena. Otisnuo sam se na tmuran i ledom načičkan ocean. Zbogom, Ameriko! Ispred mene 3200 km daleko leži Irska. Ulazim u ocean mora i ocean noći, a tmini više ne mogu pobjeći ni avionom.«

»Unatoč tami razlikujem visoke oblake i penjem se uz njih na 3000 m. Na toj visini više ih nije bilo, ali osjećam sve oštriju hladnoću. Iskušavao sam motor. Dobro radi s desnim i lijevim kontaktom. Strašno je hladno, a kompas postaje nemiran. Pogledao sam visinomjer; pokazuje 3200 m. Otvorio sam malko prozorčić, i učinio mi se sumnjiv rub okna. Uzeo sam ručnu svjetiljku i posvijetlio. Do kraja svjetlosna snopa ugledao sam na krilima blistav led. Ne usuđujem se pritisnuti polugu i spustiti se u oblake, jer bih zacijelo udario u ledeni zid. Obilazim goleme ledene oblačine i provlačim se između njih prema zvijezdama. Prijeteći gorostasi postaju sve veći i sve teže nalazim put između njih. Vrludam lijevo-desno, a kompas se ljulja do 30 stupnjeva. Prvi put ozbiljno razmišljam ne bih li se vratio u New York; natrag 2440 km...«.

»Kompas mi zadaje sve više briga. U novo izumljeni indukcijski kompas nisam imao mnogo povjerenja, ali ni magnetski ne miruje. Zar doista postoje magnetske oluje koje sam uvijek smatrao izgovorom za slabu navigaciju mladih pilota. Obilazim oblake, a možda se okrećem i u krugu jer više ne vidim zvijezde. Koliko mi ostaje nade da ću s ovako nemirnim kompasom stići na južni rt Irske...«

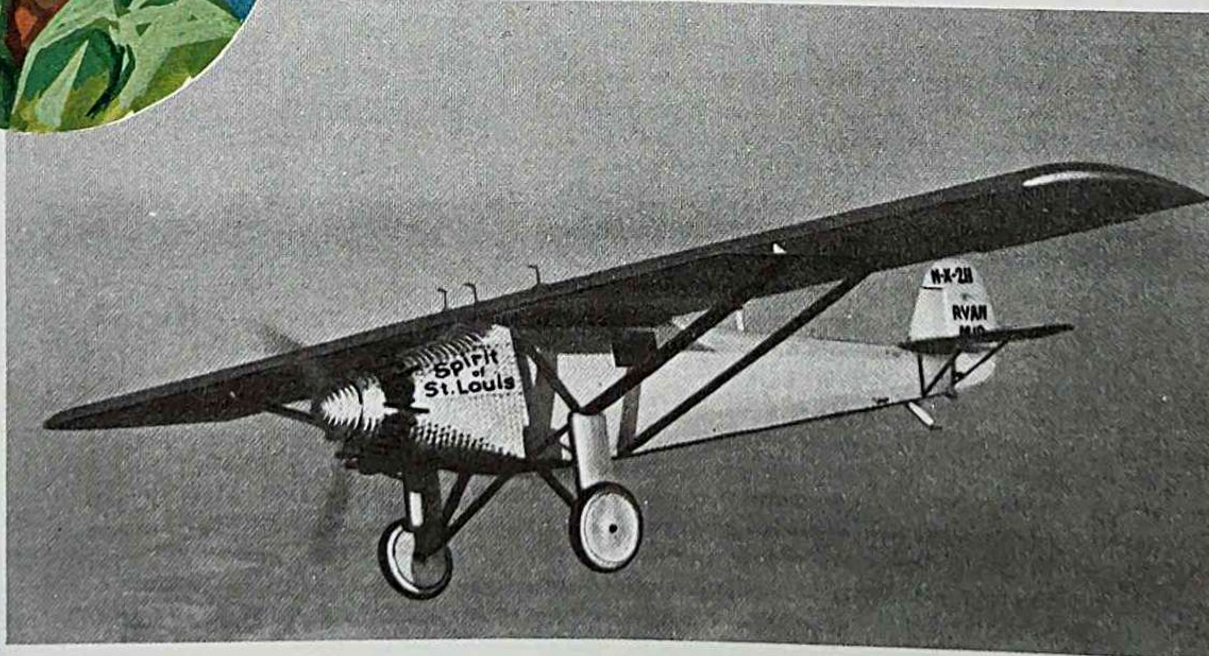


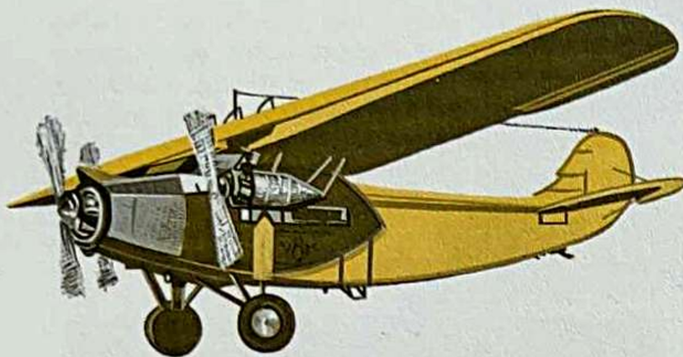
Gore: Lindbergh je iskušavao svoj avion na putu iz San Diega u Saint Louis i od Saint Louisa do New Yorka. Na let preko Atlantskog oceana krenuo je s aerodroma Roosevelt u New Yorku



Lijevo: Charles Lindbergh, rođen u Detroitu 1902, bio je obični poštanski pilot, s 2000 sati leta, prije nego što je preletio Atlantik

Dolje: avion »Ryan-Spirit of Saint Louis« iz 1927. Lindbergh je letio 5870 km, prosječnom brzinom od 188 km na sat, 33 1/2 sata. Motor Wright Whirlwind od 233 KS, dolet 6000 km, brzina 210 km na sat





Tromotorni »Fokker F7-3M« iz 1927. Njime je Byrd preletio Sjeverni pol i Atlantik, a 2 Australijanca preletjela su Pacifik iz SAD, preko otoka Havaja i Fidži, u Australiju. Nakon toga uvrstila su taj tip u putničku zračnu flotu KLM i druga društva. Tri motora Wright od 200 KS, brzina 190 km na sat, nosivost 9 putnika i 150 kg pošte



Amfibija »Sikorsky S38« iz 1928, koju je izvrsno projektirao Sikorsky. Letjela je na prugama Pan Americana i drugih. Imala je kotače i čamac; 2 motora Wright od 200 KS, brzina 170 km na sat, 8 putnika



Njemački avion »Focke Wulf A 17A« iz 1938. Najčešći putnički avion te njemačke tvornice na evropskim prugama do 1937. Motor Gnôme od 480 KS, brzina 200 km na sat, nosivost 10 putnika ili 1530 kg robe

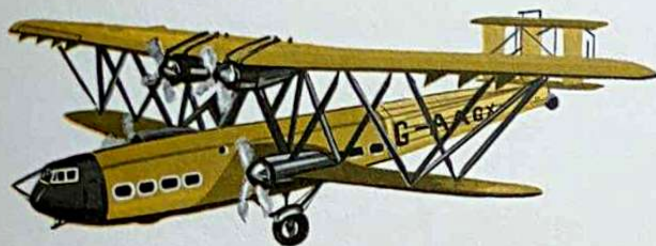
»Javlja se zora, i s njom se vraćaju nove nade. Noć je trajala samo 3 sata. U visokim sam geografskim širinama, gdje su noći kratke, a dani dugi. Sad sam već 2600 km daleko od New Yorka. Zacijelo su iza mene ledene sante i hladna Labradorska struja. Osvijetlio sam krilo, a na njemu nije bilo više ni traga ledu. Uskoro se sasvim razdanilo i ugrijalo. Preda mnom je osvanulo neizmjerno prostranstvo modrila. Motor mirno i jednolično radi, pouzdano bruji i uljuljava me u san. Oči mi gore, lice me peče; samo da ne zaspim. Čini mi se da više neću dugo izdržati. Jedina mi je želja da se opružim i odmorim. Ali sad mi više nema izbora: borba sa snom, ili smrt. Srećom Spirit of Saint Louis nije stabilan i trom avion. Čim dodirnem palicu, on se odmah propinje, nagiba ili propada. To me sili da neprekidno upravljam. Držim polugu koljenima i hvatam se za zatiljak. Nakon toga udaram nogama o prednju podnicu... Sad je 2880 km iza mene i 2880 km ispred; na pola sam puta, a na izmaku snage. Čini mi se da letim kroz neizmjernost i vječnost.«

»Preda mnom su iskrsli krupni oblaci. Uskoro sam letio preko njih. Lagano sam se spuštao i prelazio preko njihovih vrhova. Kroz bezdane između njih promatrao sam tamno more. Sve više se šaralo bijelim krestama i tajnovitim tamnim prugama. Razlikovao sam valove s visine od 2000 m. More se duboko uzburkalo. Ispod mene bjesni vjetar sa zapada i povećava mi brzinu. Otkrio sam rupu u oblacima i spustio se bliže moru; neka me vjetar nosi. Letim 300 m ispod donjeg ruba oblaka. More je podivljalo, a s kresta se diže dim pjene. Kad bi sada motor zatajio! Golemom se brzinom približavala gusta magla. Jedva sam stigao uravnati visinomjer, već sam se našao u neprozirnoj bjelini. Letio sam sate i sate kroz gustu maglu. Odjednom sam osjetio da se rušim na desnu stranu. Naglo sam potisnuo polugu ulijevo. Bio sam zaspao...«

»Kao da je suknuo plamen kroz okna, tako je iznenada bljesnulo sunce. Našao sam se iznenada nad modrim oceanom i pod vedrim nebom, a lijevo, ni 10 km ispred mene, pružala se obala usporedna s mojim kursom. Mutno sam vidio otoke, grebene i brežuljke s pošumljenim pristrancima. Pogledao sam instrumente, ali ih više nisam mogao očitati, sve mi se zamaglilo. Ne, nije moguće da je obala usred oceana. Užasnim sam se naporom podigao, štipao sam se po licu i vikao iz svega glasa. Izbjegao sam smrti za dlaku, i od straha sam se razbudio. Preda mnom se protezalo neizmjerno prostranstvo oceana...«

»Letim neprekidno već 27 sati. Lijevo sprijeda opet sam ugledao obalu. Zar opet umor i priviđenje? Sad su ovdje tri sata poslije podne, a do Irske ima još najmanje $2\frac{1}{2}$ sata leta. Ipak je to bila Irska i točno u očekivanom smjeru. Uskoro sam doletio nad kopno, dva sata prije vremena. Zemlja mi se činila prekrasnom. Nikad nisam vidio ljepšeg kraja. Nisam mogao odoljeti želji da skrenem. Obletio sam jedan krug. Star sam dvadeset i pet godina, a još nisam vidio takve ljepote obasjane suncem.«

»Letim preko južnog kraja Irske. Još Engleska, kanal La Manche, Francuska i Pariz! Jučer sam odletio iz New Yorka, a večeras bih se već mogao spustiti u Parizu. Još manje od šest sati leta. Već sam se otisnuo nad Irsko more i uskoro ću ugledati Englesku. Ali motor me trgnuo iz razmišljanja; počeo je opasno kašljati. Odmah sam pomislio na spuštanje usred morske površine, ali sam se uskoro dosjetio da se ispraznio stražnji benzinski tank. Uključio sam srednji rezervoar, i moj je vjerni, dobri i pouzdani motor opet proradio punom snagom...«



Britanski avion »Handley Page HP42 Hannibal« iz 1930. Osam čuvenih aviona prevozilo je putnike, na prugama London—Karachi (Pakistan) i Karachi—Kairo, 19 godina bez kvara i zastoja. Jedan je prevalio 2 milijuna km i prevezao 95 670 putnika; 4 motora Bristol Jupiter od 550 KS, brzina 185 km na sat, 38 putnika. Sav od metala



Njemački avion »Junkers 52 3M« iz 1934, sav od valovitog lima. Sabena ga je 1938. uvrstila u prugu Belgija—Kongo. Luftwaffe ga je odmah upotrijebila u ratu. 3 motora »Junkers Jumo 5« od 550 KS, najveća brzina oko 270 km na sat, prevozio je 30 putnika s prtljagom



Američki avion »Douglas DC 3« iz 1937. Putnički avion, koji se razvio od čuvenih bombardera »Dakota«. Potkraj 1939. bilo je u SAD na putničkim prugama oko 80% ovih aviona. Poslije 1946. uvedeni su gotovo u sve evropske pruge. Ukupno je izrađeno 13 866 aparata, koji su najviše pridonijeli da su građani stekli povjerenje u moderne avione. Dva motora Wright Cyclone od 900 KS, putna brzina 280 km na sat, dolet dulji od 1100 km, nosivost 28 putnika s prtljagom

»Preletio sam južni rub Engleske i Kanal, te sam u polusnu sav radostan ugledao francusku obalu. Preletio sam rasvijetljen Cherbourg (Šerbur) i usmjerio prema Parizu.«

»Na istoku ispred sebe ugledao sam svijetao dio neba kao da se iza obzorja krije Mjesec. Tajanstvena se svjetlost raspadala u sitne točkice. Uskoro se pretvorila u tisuće blistavih žaruljica. Pariz!«

»Skrenuo sam iznad osvijetljenih ulica i ogledao se po golemom gradu. Ugledao sam tamno polje obrubljeno blistavim žaruljama i reflektorima koji su bili upereni u nebo. To je zacijelo aerodrom *Le Bourget* (L'Burže). Usmjerio sam prema njemu. Smanjio sam gas i vikao samomu sebi samo da me sada ne svlada umor i da ne počinim kakvu neopreznost. Prebrzo je, spusti zakrilca. Još se nisi nikad spustio ovim avionom noću. Premoren si, pazi! Lakše, još lakše! Izravnaj!... Kotači su lako dodirnuli tlo; mali skok. Ravno, samo ravno!... Drugi dodir, ali sad se već i drljača oslonila o tlo, o Pariz, Francusku, Evropu... Izišao sam iz svijetlog snopa. Zaustavljao sam oprezno i stao. Bio sam nasred aerodroma. Ubrzao sam rad motora i skretao ulijevo. Vozio sam prema osvijetljenoj velikoj zgradi. Ali što je to preda mnom? Čitavo uzletište juri prema meni. Tisuće i tisuće glava približava mi se u trku. Doista, nisam ni pomislio da su već od Irske pratili od grada do grada moj avion i javljali njegovo kretanje. Nisam ni slutio da će me na aerodromu dočekati i pozdraviti toliko tisuća ljudi.«

Lindbergh je pobijedio! Kad se taj plavokosi mladić tako slijepo pouzdao u svoj jednomotorni avionćić i njime preletio Atlantski ocean, onda se doista može letjeti velikim i čvrstim avionima veće snage, s više motora, na kraćim i manje opasnim putovanjima. Tako je sad mislio običan građanin. Lindbergh je, dakle, najveću uslugu učinio civilnom zrakoplovstvu. On je, više nego ostali asovi, pokazao širokim masama budućih putnika, da se mogu pouzdati u moderne putničke avione.

SCHNEIDEROV KUP

Od prvih balona i aviona do 1939. održano je mnogo sportskih takmičenja, a među njima su najvažnija bila natjecanja za tri međunarodna kupa (pehara). Prvo se natjecanje održavalo za kup i nagradu od 25 000 zlatnih franaka koju je od 1906. darivao *Henry Deutsch de la Meurthe* (v. I knjigu) onome tko preleti određeni put od 200 km najvećom brzinom. To je takmičenje bilo korisno jer je poticalo konstruktore da usavršavaju avione. Posljednje je održano 27. X 1913. Tada je *Gilberts* (Džilberts) avionom *Deperdussin* (Deperdisen) dostigao srednju brzinu od 162 km na sat.

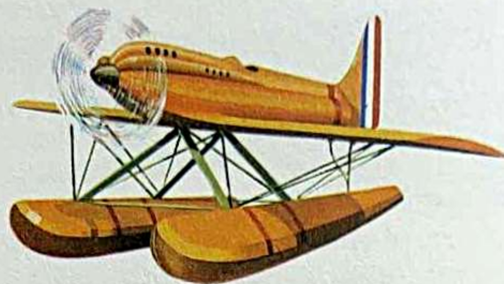
Drugo se natjecanje održalo za kup Gordona Benneta izdavača američkih novina New York Herald. *Gordon Bennet* bio je ljubitelj sporta i utemeljio je tri takmičenja za automobilistički, aerostatički i aeronautički kup. Prvo takmičenje aviona održano je 1909. u Reimsu (Rajmsu).



Hidroavion »Deperdussin« iz 1913. Prvi pobjednik kupa Francuz Prevost, u Monacu 16. IV. Motor 160 KS prosječna brzina 72,5 km na sat

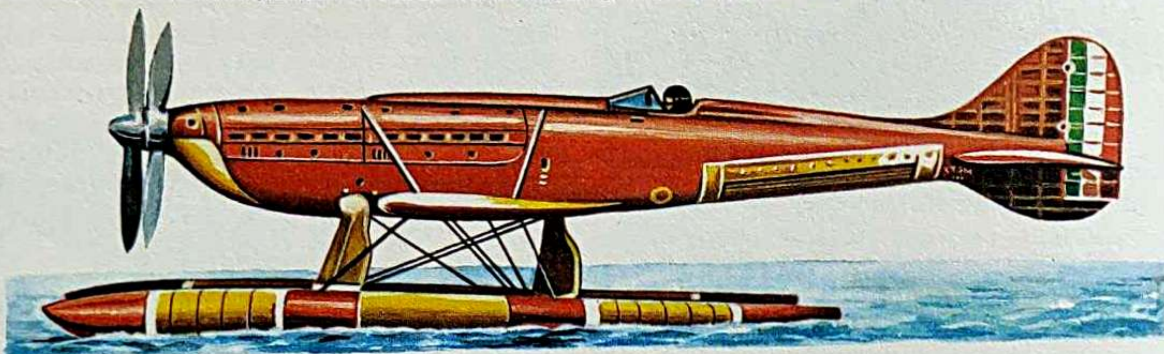


Hidroavion »Savoia S12« iz 1920. Luigi Bologna je 15. VII u Veneciji dostigao prosječnu brzinu od 172,5 km na sat. Motor Fiat, 320 KS



Britanski »Supermarine S5« iz 1927. Webster je 26. IX u Veneciji letio prosječnom brzinom od 433,3 km na sat. Motor Napier 900 KS

Hidroavion »Macchi-Castaldi MC72« konstruirao je 1933. talijanski inženjer Mario Castaldi, ali nije na vrijeme dovršen za takmičenje 1931, kad je Englez Boothman hidroavionom »Vickers-Supermarine S6B« zauvijek osvojio Schneiderov cup, prosječnom brzinom od 547,2 km na sat. Tim aparatom letio je 11. IV 1933. Francesco Agello prosječnom brzinom od 682,1 km na sat, motorom Fiat od 2400 KS. Pošto je ugradio jači motor, od 2800 KS, dostigao je prosječnu brzinu od 709,2 km na sat. Dosad još nije oboren taj svjetski rekord brzine za hidroavione. Raspon krila 9,84 m, duljina 8,32 m, visina 3,30 m, težina 3025 kg. Elise su se okretale jedna obratno od druge (u protivnom smjeru)



Tada je Amerikanin *Glenn Curtiss* dostigao brzinu od 77 km na sat. (Zanimljivo je da se posljednje takmičenje za aerostate održalo 1935. kad su avioni već posve istisli balone.) Na posljednjem takmičenju aviona prije prvoga svjetskog rata, koje je održano 1913. u Monacu, pobijedio je Francuz *Prevost* na »Deperdussinu« dostigavši brzinu od 200,5 km na sat. Ako usporedimo samo ove dvije brzine, vidimo koliko su se avioni usavršili samo za četiri godine. Osim toga tehničari tvornice Deperdussin, koja se kasnije pretvorila u industrijsko poduzeće *Spad* izradili su najbrže ratne lovce, jer su se oslanjali na stečena iskustva pri takmičenjima za kupove.

Dok su Henryjeva i Gordon Bennetova natjecanja izgubila na važnosti poslije 1918, ona takmičenja koja je pokrenuo Francuz *Jacques Schneider* (Žak Šnejder) poticala su razvoj hidroaviona sve do 1931. kad su kup zauvijek osvojili Britanci. Takmičenja za Schneiderov kup za hidroavione održavala su se od 1913. do 1931, s prekidom za prvoga svjetskog rata, u početku redovito svake godine, a kasnije svake druge godine. Pehar je prema pravilima imao ostati u trajnom posjedu onom tko ga osvoji tri puta uzastopno.

Najoštrije su se takmičile britanska, američka i talijanska industrija. Konačno su ga osvojili Britanci hidroavionom *Vickers-Supermarine S6B* koji je letio brzinom od 547,188 km na sat. Ali, taj je hidroavion letio sam, jer aparati drugih država nisu bili na vrijeme dovršeni. Britancima su svi to zamjerili, to više što su Amerikanci 1924. u sličnoj prilici odgodili takmičenje i pričekali dok se pripreme hidroavioni ostalih takmaca. Da bi dokazali kako je nepravedno dodijeljen Schneiderov kup, Talijani su 1933. prikazali svoj hidroavion *Macchi-Castaldi MC 72* koji je dostigao brzinu od 682 km na sat, i to je do danas neoboreni svjetski rekord brzine za hidroavione.

DOBA VELIKIH HIDROAVIONA

U povijesti zrakoplovstva godina 1927. upisana je kao godina Lindberghovog leta. U to su doba hidroavioni izvršili neobično mnogo velikih pothvata. Talijani *Francesco de Pineda* i *Carlo del Prete* odletjeli su hidroavionom *S 55 Santa Maria* 13. II 1927. iz Italije preko južnog Atlantika, Rio de Janeira, Buenos Airesa i Assunciona u New York, i vratili se 16. VI preko južnog Atlantika u Rim, pošto su uz 51 spuštanje u američkim i afričkim lukama, za 193 sata leta prevalili 46 000 km.

Drugi avijatičari krenuli su Lindberghovim putem. *Clarence Chamberlin* (Klejrens Čemberlin) i *Charles Levine* (Levin) preletjeli su 4. VI 1927. Atlantski ocean iz SAD u Njemačku, pošto su

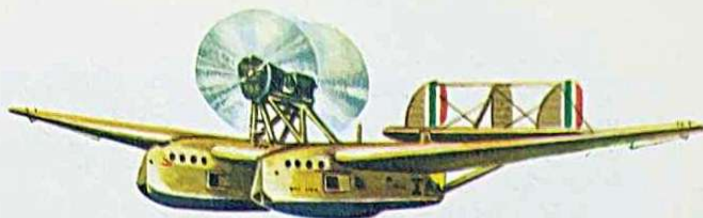
prešli 6200 km puta. *Richard Byrd* je 29. VI, s tri člana posade, krenuo iz SAD u Pariz, ali se morao prisilno spustiti u Normandiji.

Iako je ocean preletjelo već nekoliko aviona, ipak se nije moglo kazati da je Atlantik osvojen. Još nijedan avion nije preletio bez spuštanja sjeverni Atlantik u protivnom smjeru, protiv stalnog zapadnog vjetra, iz Francuske u SAD, tj. od istoka k zapadu.

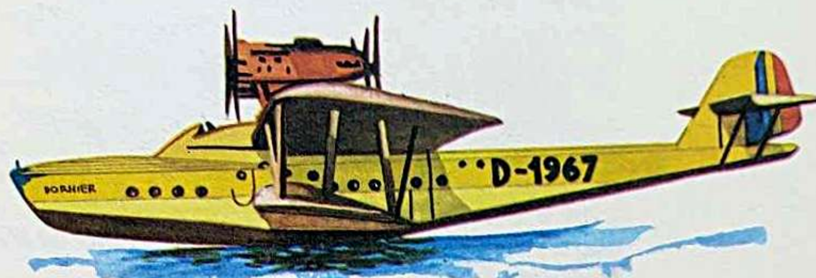
Međutim, ocean je već progutao i prve žrtve. *Davis* i *Wooster* (Vuster) poginuli su već pri odlasku, a francuski asovi *Charles Nungesser* (Nenžesé) i *François Coli* (Fransoa Koli) nestali su 8. V 1927, a ostaci aviona pronađeni su u moru kod Newfoundlanda poslije 37 godina.

Tihi ocean bio je još veća prepreka. Amerićani *Maitland* i *Hemberger* preletjeli su 1927, doduše, samo pučinu između Kalifornije i Havajskog otočja, ali dva su Australijanca stigla iz SAD u Australiju preko Havajskog otočja i otoka Fidži. Ipak se čitav Pacifik još dugo nije mogao preletjeti bez spuštanja. Gotovo su svi ti preleti izvršeni kopnenim avionima, a najviše novim *Fokkerom F 7—3* s tri izvrsna motora Wright-Whirlwind od 200 KS.

God. 1928. preletio je Atlantski ocean njemački zračni brod *Graf Zeppelin*. Kapetan *Hugo Eckener* s 20 putnika i 38 članova posade, krenuo je iz Friedrichshafena 11. X, a stigao u Lakehurst (New Jersey) 15. X. Na povratku krenuo je iz Lakehursta 29. X, a stigao u Friedrichshafen 31. X. Iste godine Talijani *Ferrarin* i *del Prete*, avionom *S64* preletjeli su put od 7188 km, iz Italije u Tours na obali Brazila.



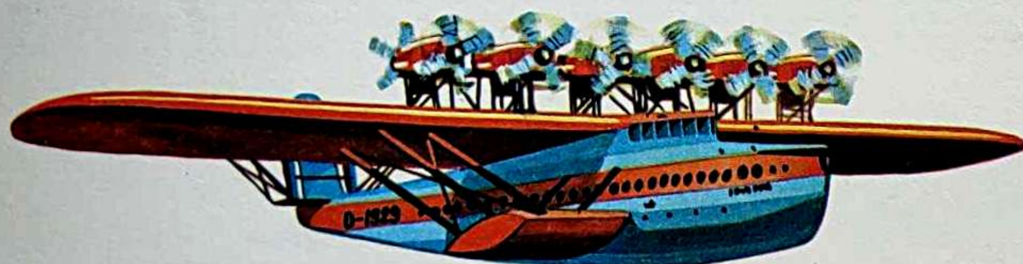
Dvotrupi dvomotorni hidroavion »Savoia Marchetti S55« iz 1925—33. Čuveni talijanski tip. Dva motora od 800 KS, brzina 265 km na sat



Putnički hidroavion Lufthanse »Dornier DoS« iz 1930. Četiri motora Hispano Suiza od 600 KS, najveća brzina 205 km na sat, 22 putnika

Napokon su 1930. Francuzi *Costes* (Kost) i *Bellonte* (Belont) preletjeli Atlantik Lindberghovom rutom ali obratnim smjerom, iz Pariza u New York, za 19 sati i 20 min. avionom *Bréguet XIX Point d'Interogation* (č. Poen d'enterogasion).

Ti su dugi letovi bili okrunjeni uspjesima, pa kako je trebalo osvajati oceane, činilo se najprikladnijim da se upotrijebe hidroavioni, koji bi se u slučaju kvara mogli spustiti na more i čekati pomoć. Osim toga avioni su postajali sve veći i teži pa nije bilo moguće svagdje pronaći aerodrome s dovoljno dugim uzletištima; hidroavioni su se mogli spuštati na jezera, rijeke i na more u lukama i zaljevima. To su bili uzroci da je 1928. započelo doba velikih hidroaviona.





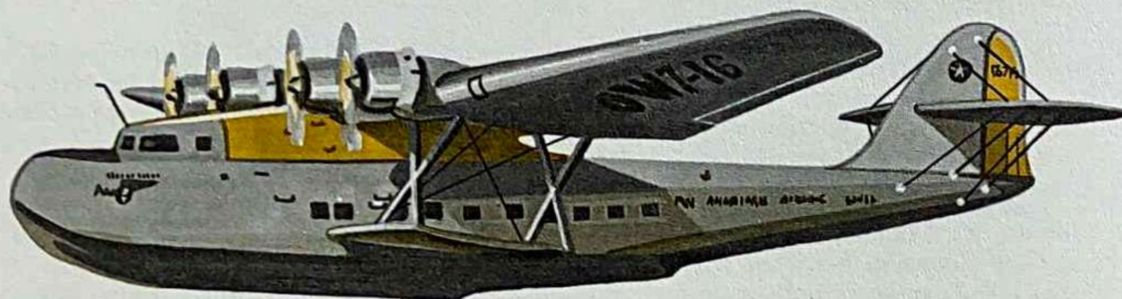
Gore: golemi hidroavion »Dornier DoX« iz 1939. Prvi prototip preletio je Atlantski ocean iz Njemačke u New York i natrag. Inozemstvu su prodana ipak samo tri aparata, jer su im se otkrili mnogi nedostaci. Jedva su dostizali visinu od 1100 m. Morali su letjeti nisko. Imali su dvanaest motora Fiat od 580 KS, brzina 195 km na sat, dolet 2800 km, raspon krila 48 m, duljina 40 m, oko 170 putnika u dvokatnom trupu

Američki hidroavion »Consolidated Commodore« iz 1930. Izvrstan dvomotorac društva Pan American Airways. Održavao je redovitu prugu, dugu 140 km, između Key Westa u Floridi i Habane na Kubi. Dva motora Pratt and Whitney od 450 KS, brzina 180 km na sat, 22 putnika

Najveću reklamu za hidroavione učinili su Talijani. *Italo Balbo* je 17. XII 1930. poletio s 12 hidroaviona *S 55* na krstarenje preko južnog Atlantika rutom: Orbetello—Cartagena—Kenitra—Villa Cisneros—Bolama (Portugalska Gvineja)—Natal (Brazil) i stigao u Recife na brazilskoj obali. Eskadra je uspješno prevalila 10 400 km, a vratila se ukrcana na parobrodima. Poslije tri godine poveo je Italo Balbo na krstarenje sjevernim Atlantskim oceanom eskadru od 24 hidroaviona *S 55*, koji su krenuli iz Orbetella 1. VII 1933. i s pristajanjem u Amsterdamu, Londonderryju (Sjeverna Irska), Reykjaviku (Island), Cartwrightu (Kortrajtu na Labradoru), Shediacu (Šedjeku) i Montrealu (Montriolu) u Kanadi stigli u Chicago i New York. Ta se eskadra vratila, preko Azora i Lisabona u Rim 12. III 1933. pošto je prevalila ukupno 19 000 km.

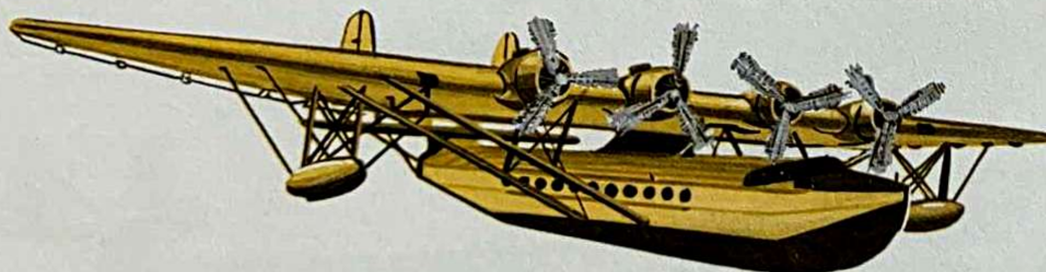
Američko društvo *Pan American* (Pan Ameriken) prvo je 28. X 1927. otvorilo međunarodnu putničku prugu, koja je povezivala Key West (Ki Uest) na Floridi s Habanom (Havanom) na Kubi. Poslije 1930. na njoj su letjeli izvrsni hidroavioni *Consolidated Commodore* (Konsolidejted Komodor) koji su prevozili 22 putnika s prtljagom.

Italija je 1929. tromotornim hidroavionom *Cant* (Kant) *22* uspostavila prugu Brindisi — Vlora (Albanija), a britansko društvo *Imperial Airways* (Impiriel Ervejs) uspostavilo je 1931. četveromotornim *Short-Kentom* uzdužnu prugu po Sredozemnom moru iz Gibraltara u Maltu, koja je kasnije produžena do Pireja i Carigrada te do Al Iskandarije (Aleksandrije) i Bur Saida (Port Saida).



Američki hidroavion »Martin M 130 China Clipper« iz 1935. Četveromotorac, kojim je društvo Pan American Airways, nakon veoma dugih priprema, uređenja hidrodroma i uspostave meteoroloških postaja, 22. XI 1935, otvorilo stalnu transpacifičku prugu: San Francisco—Manila (Filipini). Iz San Francisca do Honolulua letio je 21 sat. Nakon toga slijetao je na otocima Midway, Wake i Guam. Imao je četiri motora Pratt and Whitney Wasp od 650 KS, putna brzina 230 km na sat, dolet oko 5400 km, prevozio je do 32 putnika, prtljag i poštu

Američki hidroavion »Sikorsky S42« iz 1934, izrađen po narudžbi društva Pan American Airways za Daleki istok. Pruga San Francisco—Manila, na kojoj su letjeli China Clipperi, produljena je ovim tipom hidroaviona iz Manile u Hong Kong. Društvo Pan American Airways je i u tom području dvije godine obavljalo sve pripreme, prije otvorenja pruge. Uređeni su hidrodromi i organizirana je meteorološka služba u cijelom zapadnom dijelu Tihog oceana. »Sikorsky S42« je imao 4 motora Pratt & Whitney Hornet od 650 KS, putnu brzinu od 240 km na sat, dolet do 6200 km, nosivost 32 putnika. Obje su pruge bile međusobno povezane izvrsnim vezama



Njemačka tvornica *Dornier* dovršila je 1929. svoj golemi hidroavion *Do X* s 12 Fiatovih motora od 580 KS. Prvi *Do X* preletio je 1930. Atlantski ocean iz Njemačke u New York i natrag. Međutim, taj tip hidroaviona male nosivosti, koji je morao letjeti i dosta nisko, nije postigao trgovački uspjeh. Njemačko društvo *Lufthansa* radije je prihvatilo četveromotorni tip *Do S*, kojim je održavalo nekoliko pruga srednje duljine.

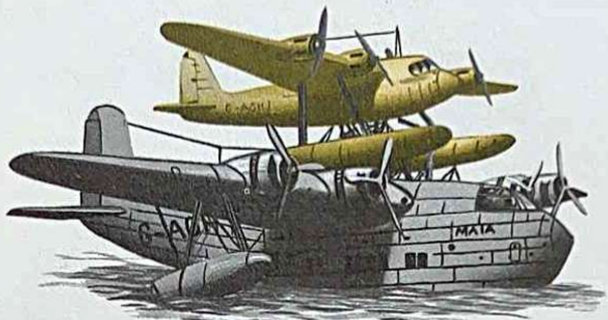
Američko društvo Pan American je nakon dugih priprema, i pošto je uspostavilo neprekidan niz meteoroloških postaja na Tihom oceanu, otvorilo prugu San Francisco—Honolulu—Midway—Wake—Guam—Manila na Filipinima. Njom su letjeli čuveni hidroavioni *Martin M 130 China Clipper* (Čajna Kliper = Kineski kliper), koji su nosili 32 putnika i prtljagu. Budući da je ta pruga donosila dobar prihod, društvo ju je produžilo do

Hong Konga, a između toga grada i Manile letjeli su golemi četveromotorni hidroavioni *Sikorsky S 42*, što ih je konstruirao čuveni ruski inženjer, koji je emigrirao u SAD.

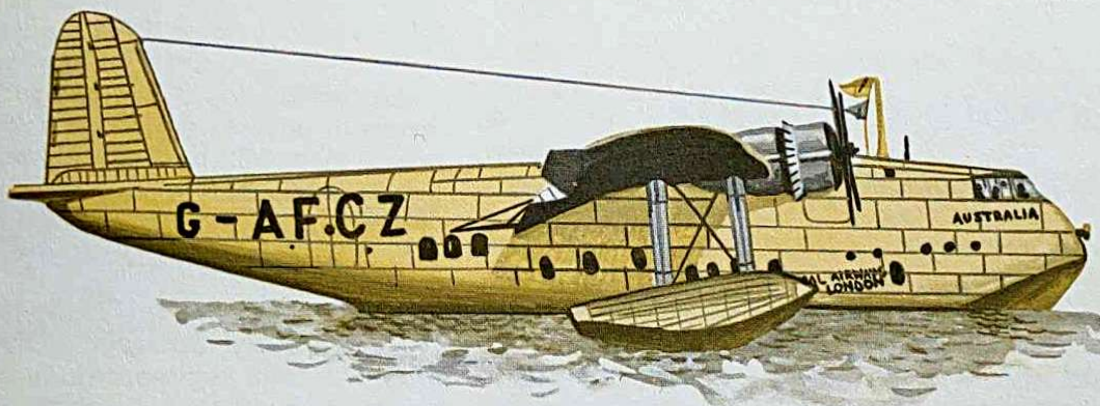
Na velikim prekomorskim prugama nije zaostajala ni Francuska. Ona je 1931. uspostavila petnaestodnevnu prugu iz Marseillea, preko Damaska u Saigon (Južni Vijetnam), na kojoj su poslije 1935. letjeli tromotorni hidroavioni *Bréguet 530 Sajgon.*

Kad je 13. IV 1935. otvorena 20 350 km duga pruga London—Brisbane (Brizben) u Australiji, smatralo se to najvećom pobjedom britanskog društva Imperial Airways, ali i najvećim uspjehom civilne avijacije. Tu su letjeli četveromotorni *Short S 30 C Empire Class* (Šort Empajr Klas), koji su prevozili 30 putnika s prtljagom.

Lufthansa je nastavljala pokušaje hidroavionima *Hamburger HA 139*, ali s posve neredovitim putovanjima i samo za prijevoz pošte.

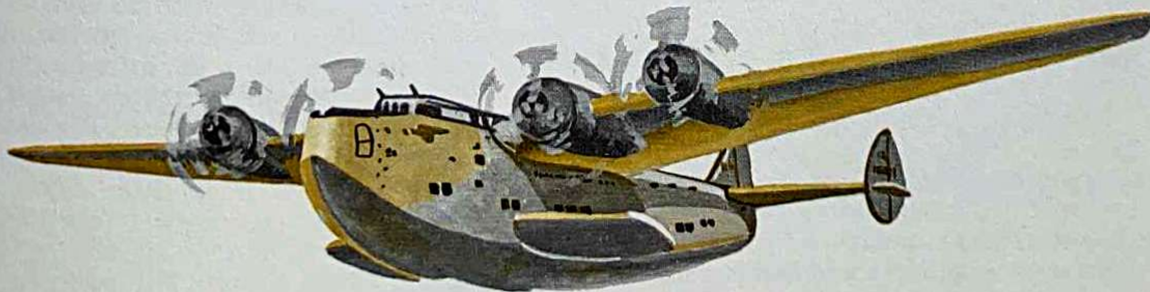


»Short Maya-Mercury« iz 1937. Pokušaj da se ubrza prijevoz pošte preko Atlantika. Od pola puta nastavio je prijevoz mali hidroavion



Četveromotorni hidroavion »Short S30 Empire Class« iz 1937. Najčuveniji aparat britanskog društva Imperial Airways. Dva su 6. i 20. VI 1937. preletjela Atlantik iz Londona, preko Irske, Newfoundlanda i Montreala u New York i natrag istim putem, radi uspostavljanja redovite prekoatlanstke pruge. Pokuse je prekinuo rat. Dvadeset i osam takvih ogromnih hidroaviona održavalo je redovitu prugu između Dalekog istoka i Australije, sve do 1948. Četiri motora Bristol Pegasus od 1010 KS, brzina oko 320 km na sat, dolet veći od 7000 km, prevozio je oko 30 putnika s prtljagom i do 150 kg pošte

»Boeing 314 Yankee Clipper« iz 1939. Ovakvim četveromotornim hidroavionima upostavilo je 28.VI 1939 američko društvo Pan American Airways redovitu tjednu putničku prugu između New Yorka i Evrope. Hidroavioni su redovito slijetali u Lisabonu i u Marseilleu. Unatoč ratnim opasnostima pruga se održavala do kraja drugoga svjetskog rata. Četiri motora od 1220 KS, brzina 235 km na sat, dolet 3850 km, nosivost 70 putnika, 200 kg pošte

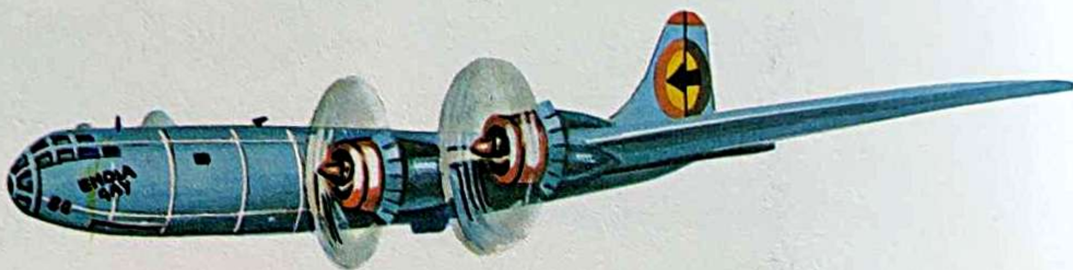


Preostalo je još samo da se uspostavi stalna avionska pruga preko sjevernog Atlantika, na najprometnijoj žili između SAD i Evrope. U tom nastojanju takmičili su se najoštrije Britanci, Amerićani i Nijemci. Kad je 1937. izgorio cepelin *Hindenburg*, koji je 1936. desetak puta preletio sjeverni Atlantik s poštom i na svakom putovanju s oko 100 putnika, Nijemci su odustali i zauvijek odbacili zračne brodove lakše od zraka. Međutim, na toj glavnoj žili svjetskog prometa vršeni su i drugi pokušaji, pa i onaj 1937. s udvojenim hidroavionom *Short Maya-Mercury:* veliki hidroavion prenosio je manji do pola puta, a mali je zatim nastavio put s poštom do kopna.

Dugo očekivanu redovitu putničku prugu između SAD i Evrope uspostavilo je 28. VI 1939. američko društvo Pan American golemim trokatnim hidroavionima *Boeing 314 Yankee Clipper*

(Jenki Kliper), koji su letjeli redovito između New Yorka i Lisabona, a kasnije i do Marseillea svakih osam dana. Unatoč mnogim teškoćama i opasnostima Yankee Clipperi su održavali redovitu prugu do Lisabona i u drugome svjetskom ratu. Zanimljivo je istaknuti da je to za cijelog rata bila najsigurnija veza između Amerike i Evrope.

»Boeing B29 Enola Gay« iz ove leteće super-tvrđave bačena je 6. VIII 1945. na Hirošimu prva atomska bomba u svijetu. Težila je manje od 200 kg, a ipak je u njoj bio razorni i smrtonosni naboj jednake snage kao od 20 000 t trinitrotoluola. Sravnjeno je sa zemljom 60% grada i usmrćeno je oko 160 000 ljudi. Iduća atomska bomba, bačena s druge super-tvrđave »Boeing B29«, na grad Nagasaki 9. VIII 1945. s jednako strahovitim učinkom. Sutradan se Japan predao



AVIONI DRUGOGA SVJETSKOG RATA

Prevlast u zraku je odlučila tko će pobijediti u bitkama u kojima su se, od 1939. do 1945, ubijali milijuni ljudi i razaralo ono što je ljudski um kroz vijekove stvarao i usavršavao. U krvavoj tragediji drugoga svjetskog rata najvažniju ulogu je odigralo zrakoplovstvo.

Rat je počeo 1. IX 1939. kad je njemačka zračna sila *Luftwaffe* napala Poljsku i otvarala put njemačkim oklopnim divizijama koje su prodirale prema Varšavi. Nakon toga njemačka avijacija je razarala nebranjene gradove, aerodrome, putove, kolodvore, željezničke pruge, mostove, luke, škole i bolnice i ubijala goloruko i iznenađeno stanovništvo Poljske, Nizozemske, Francuske, sjeverne Evrope, Jugoslavije, Grčke i Sovjetskog Saveza. Bombama i mitraljeskom vatrom Luftwaffe je krčila put njemačkim tenkovima, koji su razarali ono što nisu uništile avionske bombe.

Hitlerovci su izradili i plan za osvajanje Velike Britanije, ali je britanska avijacija u desetomjesečnoj zračnoj *Bitki za Englesku* svladala njemačku Luftwaffe i obranila britanske otoke. Uskoro se i Sovjetski Savez oporavio od početnih iznenadnih udaraca pa je za bitke kod Staljingrada i on nadvladao njemačku zračnu silu i osvojio prevlast u zraku.

Njemačka Luftwaffe je zauvijek izgubila nadmoć. Od tada su njemački piloti gubili glave i aparate pod udarcem britanskih i sovjetskih lovaca. Od 30. V 1942. do 10. V 1945. saveznički avioni su zasipali bombama njemačke tvornice, gradove i čitave oblasti. Sravnjivali su ih sa zemljom pod eksplozijama od 1 231 415 tona razornih i požarnih bombi.

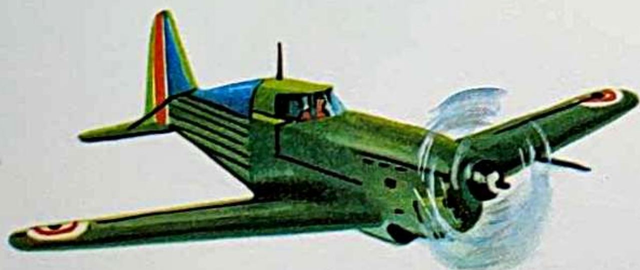
Saveznička avijacija je mnogo pomogla da se izvojuje i pobjeda u *Bitki za Atlantik*. Avioni su, poput ovčarskih pasa što čuvaju stada, kružili oko konvoja i branili brodove od podmukih podmornica. Sami su napadali podmornice, ili su pokazivali brodovima lovcima gdje se one nalaze da ih što brže razore.

Japan je na Tihom oceanu, bez objave rata, 7. XII 1941. iznenada napao jakom zračnom eskadrom američku vojno-pomorsku bazu Pearl Harbor na otoku Hawaii, i potopio ili teško oštetio gotovo sve brodove koji su se u tom trenutku zatekli u luci. Taj napad kao da je nagovijestio da će zrakoplovstvo preuzeti glavnu ulogu i na Dalekom istoku na neizmjernom prostranstvu Tihog oceana. Posve slučajno toga kobnog nedjeljnog jutra, kad su se američki mornari budili od strašnih eksplozija bombi, u Pearl Harboru nije bilo nijednog američkog nosača aviona. Bio je to loš znamen. Koliko bi nedužnih američkih pomorskih pješaka poginulo do kraja rata, u kasnijim bitkama na pacifičkim otocima, da nije američka avijacija baš s tih i drugih nosača aviona izvojevala pobjede u četiri glavne zračno-pomorske bitke na Koraljnom moru, kod otočja Midway (Midvej), Marijana i Leyte. Američko zrakoplovstvo oborilo je japanske avione i potopilo nosače aviona, razorilo je i flotu i tako osvojilo ne samo prevlast u zraku nego i na moru na cijelom Tihom oceanu. Bez takve prevlasti ne bi se mogli oslobađati otoci na Dalekom istoku, a ne bi se mogao napasti ni Japan.

Dvije američke leteće super-tvrđave oborile su prve dvije atomske bombe na japanske gradove Hirošimu i Nagasaki i Japan se predao 10. VIII 1945. a da nijedan američki vojnik nije stupio na njegovo tlo. Tome je uvelike pridonijela avijacija koja je nemilice potapala brodove i konvoje i rušila gradove, te ozbiljno zaprijetila da će zbrisati sva naselja s japanskih otoka.

Mnogi su avioni, naslikani u ovom dijelu sijali smrt i stravu. Drugi su donosili nadu u pobjedu i oslobođenje porobljenim narodima, ali su dvije američke super-tvrđave navijestile početak doba nuklearnog naoružanja i još strašnijih ratova u kojima bi, ako ne prevlada razum i pomirljivi duh, čovječanstvo moglo u nekoliko trenutaka uništiti samo sebe.

Francuska, koja je prva na svijetu shvatila važnost aviona u borbi i raspolagala najboljom vojnom avijacijom u prvome svjetskom ratu, nije bila spremna kad je buknuo drugi svjetski sukob. Njezini glavni vođe, zaneseni velikom pobjedom, odviše su vjerovali mirovnom ugovoru, koji je 1918. sklopljen u Versaillesu, kad je Njemačkoj bilo zabranjeno graditi i držati vojno zrakoplovstvo. Kad se francuska vlada osvijestila i shvatila kakva se opasnost rađa u susjednoj nacističkoj Njemačkoj, počeli su se 1933. zastarjeli vojni avioni nadomještati novim.



Francuski lovac »Morane Saulnier MS 406«, projektiran 1934. gradio se prije prvoga svjetskog rata. Oko 1000 takvih lovaca oborilo je 256 njemačkih aviona. Motor Hispano Suiza od 850 KS, brzina veća od 480 km na sat, vrhunac 10 000 m, dolet 800 km, 1 top, 2 mitraljeza



Francuski trosjed, lovac, laki bombarder, ili (s prozirnim nosom) izviđač »Potez 63 II«. Izviđački aparat je bio izvrstan, ali ih je izrađeno samo 146 do primirja. Dva motora Gnôme-Rhône od 660 KS, brzina 450 km na sat, vrhunac 10 000 m, dolet 1200 km, 2 topa, 8 mitraljeza

Francusko zrakoplovstvo dijelilo se na kopneno i pomorsko; prvo u sklopu vojske, a drugo podređeno ratnoj mornarici. Godine 1936. stvorena je *L'Armée de l'Air* (larmé de ler = zračna armija) i nacionalizirano je oko 70% aeronautičke industrije. Međutim, prve milijarde franaka za pojačanje vojne sile potrošene su na Maginotovu (Mažinotovu) liniju, niz čudesnih i skupih utvrda duž francusko-njemačke granice, koje su tvorile neprobojan bedem. Ali, pri planiranju tog niza utvrda nije se pomišljalo da se on može zaobići preko Belgije. Iduće milijarde franaka utrošene su na vojsku, pa na ratnu mornaricu, koja je morala biti jača od talijanske, a zračna sila je došla prekasno na red.



Francuski bombarder »Liore et Olivier Leo 45« iz 1939. Na dan objave rata bilo je opremljeno samo pet ovakvih izvrsnih bombardera. Dva motora Gnôme-Rhône od 1060 KS, brzina 500 km na sat, dolet 2200 km, 1 top, 6 mitraljeza, a nosio je i 1400 kg bomba

Kad je 3. IX 1939. objavljen rat Njemačkoj, zbog napada na savezničku Poljsku, u Francuskoj je bilo 390 starih bombardera, 510 lovaca (440 modernih) i 550 izviđačkih aviona (samo 51 moderan). L'Armée de l'Air je bila doista slaba u trenutku kad je njemačka Luftwaffe vladala evropskim nebom. Ni užurbani rad aeronautičke industrije, ni hitna dobava aviona iz SAD nisu mogli popraviti stanje i nadoknaditi izgubljeno vrijeme.

Ipak francuski piloti nisu iznevjerili stare tradicije. Hrabro su se odupirali nadmoćnoj sili i do posljednjeg aparata, a borbu su nastavili i poslije sklapanja primirja s Njemačkom (20. VI 1941), u savezničkim eskadrilama, sve do konačnog oslobođenja svoje domovine.

Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika već je 1935. pojačavao vojno zrakoplovstvo. Planovi o gradnji držali su se u tajnosti, a nije se znalo ni koliko industrija izrađuje vojnih aviona godišnje. Kako je vrhovno vojno rukovodstvo izjavilo da će se izgraditi najjača zračna sila na svijetu, svi su precjenjivali snage sovjetske zračne flote. Međutim, kad su Nijemci iznenada napali SSSR i istodobno se oborili na pogranične aerodrome, mnogo je sovjetskih aviona uništeno na tlu, a Luftwaffe je s 3200 aviona ovladala nebom iznad ratišta.

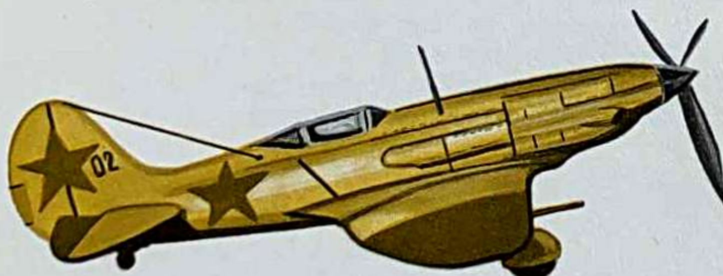


Sovjetski lovac bombarder »Mikojan-Gurevič MIG 1« iz 1940. Od početka do kraja rata izrađeno je ukupno 2076 takvih aviona. Motor Mikulin, 1200 KS, brzina 625 km na sat, vrhunac 13 000 m, dolet 575 km; bio je naoružan s tri mitraljeza i 6 raketa ili bomba. Izvrsno se borio protiv njemačkih lovaca Messerschmitt ME109 do 1942



Sovjetski jurišni lovac »Jakovljev Jak 3«, iz 1943; uvršten u borbu 1944. i ubrzo je osvojio prevlast u zraku, potisnuvši njemačke lovačke avione. Motor Klimov od 1222 KS, brzina 650 km na sat, dolet oko 900 km. Bio je naoružan s jednim topom i s dva mitraljeza

I Sovjetski Savez je uložio goleme napore za ubrzanje proizvodnje aviona, pa je u tvornicama, koje su bile raštrkane širom golemog teritorija, izrađivale svake godine sve više aviona. Kad se uzme u obzir da je mnogo industrijskih središta na zapadnom dijelu zemlje bilo razoreno i okupirano, moramo se diviti kako je Sovjetski Savez mogao tako brzo razviti masovnu proizvodnju vojnih aviona. God. 1942. tvornice su dale Crvenoj armiji 8000 novih aparata, 1943. već 18 000, 1944. oko 30 000, a 1944. više od 25 000. Da se što brže prebrodi najopasnije doba, kad se sovjetska avijacija oporavljala od iznenadnih početnih udaraca, SAD su joj poslale na ime pomoći 10 000 lovaca i 5000 bombardera.

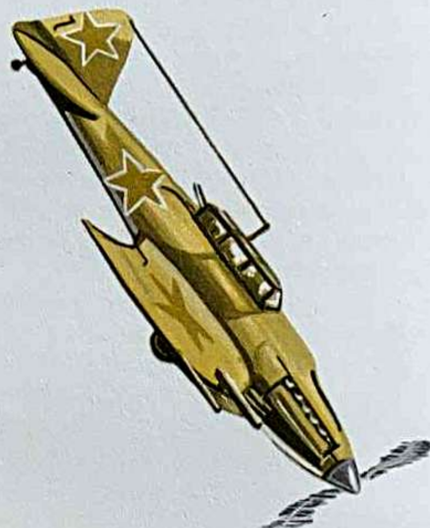


Sovjetski lovac »Mikojan-Gurevič MIG 3« razvio se od lovca »MIG 1«. Od ljeta 1942. do ljeta 1943. lovac bombarder, kasnije izviđač, jer je bio prilično ranjiv. Od metala je bio samo srednji dio krila i prednji dio trupa, a ostalo od drveta. Motor Mikulin od 1350 KS, brzina 650 km na sat. Bio je naoružan s tri mitraljeza i 6 projektila, Nadomjestio ga potkraj 1942. bolji metalni lovac »Jakovljev Jak 9«



Sovjetski srednji bombarder izvrsnih osobina »Tupolev Tu 2«. Sudjelovao je od 1944. u osvajanju Njemačke. Dva motora Švercov, 1850 KS, brzina 580 km/sat, vrhunac 12 000 m, 2 topa, 5 mitr., 2300 kg bomba

Prekretnica u zračnom ratu nastala je za vrijeme bitke kod Staljingrada, jer je tada prevlast u zraku osvojila sovjetska avijacija. Ona je od tada obarala sve više njemačkih aviona. Sovjetska armija obilato je i vješto upotrebljavala padobrance, iako nije imala pogodnih transportnih aviona ni teških bombardera. Izvrsni su bili jurišni avioni *Stormoviki*, koji su razbijali njemačke oklopne divizije razaranjem tenkova i tako otvarali pobjedonosni put Crvenoj armiji u Berlin.



Sovjetski lovac dvosjed »Iljušin IL 2 Stormovik«, uvršten u borbu 1941. i ubrzo se istakao kao izvrstan razarač njemačkih tenkova, koje je napadao projektilima. Izrađivao se neprekidno do kraja rata. Motor Mikulin od 1600 KS, brzina 420 km na sat, vrhunac 5000 m, bio je naoružan s 2 topa, 2 mitraljeza te s 8 projektila (bombama)

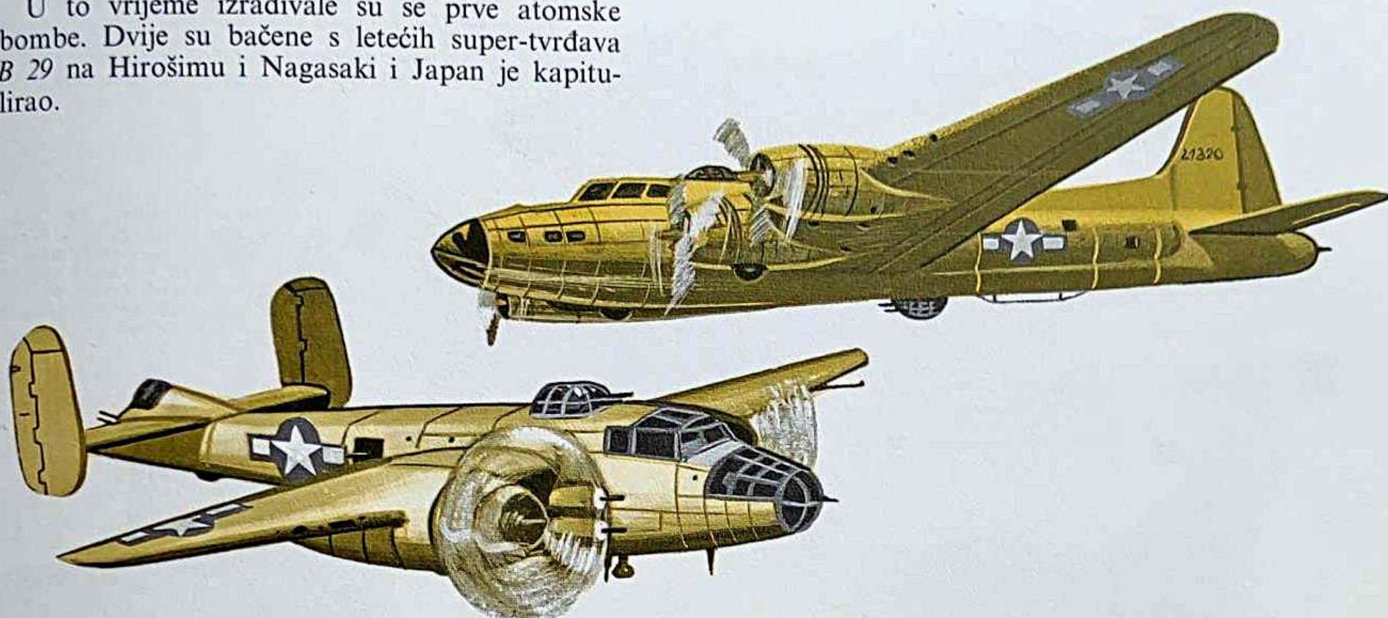
Sjedinjene Američke Države izrađivale su do 1938. prosječno oko 130 aviona godišnje, ali je zbog ratne opasnosti industrija ubrzavala rad te 1939. proizvela 3800, a 1940. već oko 6000 aviona. Većina od tih aparata ustupljena je Velikoj Britaniji kao pomoć. Iako je 1941. proizvodnja još pojačana na 19 380 aviona, SAD su na Havajskim otocima imale 7. XII 1941, kad su Japanci napali Pearl Harbor, samo 593 aviona, a 188 ih je uništeno pri prvom japanskom napadu.

Poslije napada na Pearl Harbor SAD su stupile u rat i uputile u Evropu i na Daleki istok pomoć u ljudstvu i ratnom materijalu. Američka avijacija je izvršila do 1945. oko 482 000 bombarderskih letova i oborila 988 780 tona bomba uz gubitak od 6524 bombardera i oko 3000 lovaca.

Američka avijacija se najžešće borila na Tihom oceanu protiv Japanaca. Ona je prebacila iz SAD oko 1 380 000 ljudi i 1 180 000 tona ratnog materijala. God. 1945. počela je bombardirati i Japanske otoke, a za samo jednog napada na Tokyo razorila je bombama 38 km² gradske površine.

U posljednje tri godine rata SAD su izradile 302 000 aviona, i to: 47 859 (1942), 86 000 (1943) i 96 370 (1944, jedan avion svakih šest minuta).

U to vrijeme izrađivale su se prve atomske bombe. Dvije su bačene s letećih super-tvrđava *B 29* na Hirošimu i Nagasaki i Japan je kapitulirao.



Desno: »Boeing B17 Flying Fortress«, teški američki bombarderi, »leteće tvrđave«. Od 1940. do 1945. izrađeno ih je 12 700. Najviše su se borili nad Njemačkom, ali su se upotrebljavali i na drugim frontama za prijevoz trupa i izviđanje. Bombardirali su Austriju i Italiju. 4 motora Wright Cyclone od 1200 KS, brzina 480 km/sat, vrhunac 12 000 m, dolet 3000 km, 13 mitraljeza, 3000—8000 kg bomba (prema doletu)

Lijevo: »North American B25 Mitchell«. Za rata izrađeno je 10 311 ovakvih srednjih bombardera. Pod zapovjedništvom generala J. Doolittlea, uzletjelo je 25 aviona 18. IV 1942. s nosača aviona »Hornet«, žestoko su bombardirali Tokyo i spustili su se u Kini. Upotrebljavali su se najviše na Dalekom istoku. Dva motora Wright Cyclone od 1850 KS, brzina 480 km na sat, vrhunac 8500 m, 13 mitraljeza i 2200 kg bomba



Američki lovac bombarder »Curtiss P40 Warhawk«; 14 000 aviona borilo se od 1939. u kinesko-japanskom ratu (američki dobrovoljci »leteći tigrovi«) i protiv Japanaca do 1942. Motor Allison od 1200 KS, brzina 540 km na sat, vrhunac 11 000 m, dolet 1200 km, 6 mitraljeza



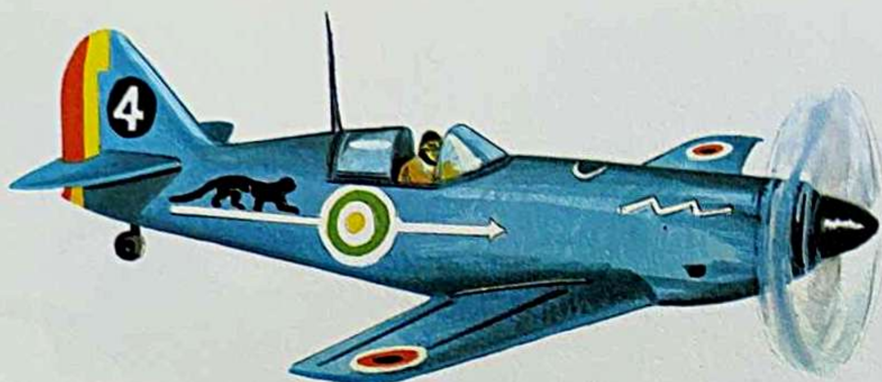
Američki lovac bombarder »Bell P39 Air Cobra« iz 1937. U početku su građeni za Englesku i Francusku. Na Pacifiku slabiji od japanskih. Od 9558 ustupljeno ih je 4758 SSSR-u. Motor Allison, 1350 KS, brzina 660 km/sat, vrh. 12 000, dolet 840 km, 1 top, 7 mitr., 250 kg bomba

Velika Britanija je u početku drugoga svjetskog rata imala oko tisuću bombardera, a isto toliko i lovačkih aviona, ali raštrkanih širom svijeta u britanskim prekomorskim posjedima. Velika Britanija je polagala velike nade u vrlo jaku aeronautičku industriju, koja je izrađivala putničke avione za mnoge države svijeta. Ona je mogla izgraditi brzo i vrlo mnogo izvrsnih vojnih aviona. Prije rata izrađivala je oko 4000 aviona godišnje, ali već 1939. proizvela ih je oko 7000, a zatim sve više: 15 000 (1940), 20 100 (1941), 23 671 (1942), 26 263 (1943) i 29 220 (1944).

Velika Britanija je proživjela najteže trenutke oko 26. V 1940. kad su se britanske čete pod njemačkim pritiskom morale povući s evropskog kontinenta i pod udarcima Luftwaffe napustiti Dunkerque (Denkerk) na francuskoj obali. Prijetila je opasnost da Nijemci za britanskim trupama pređu kanal La Manche i upadnu na englesko tlo.



Britanski četveromotorni teški bombarder »Avro Lancaster« iz 1942. Oko 7500 ovakvih aviona bombardiralo je Njemačku i Italiju, srušili branu Möhre u Rajnskoj oblasti, a u Norveškoj potopili bojni brod »Tirpitz«. Četiri motora Rolls-Royce od 1460 KS, brzina 480 km/sat, vrhunac 7500 m, dolet 2700 km, 10 mitr. 7000 kg bomba



Najbolji francuski lovac »Devoitine D520«, dovršen 1938, ali do primirja je izrađeno samo 200 aparata. Izrađivan je i za okupacije za vladu u Vichyju. Motor Hispano Suiza, 910 KS, brzina 530 km na sat, vrhunac 12 000 m, dolet 1000 km, 1 top, 4 mitr.

Američki »Consolidated B24 Liberator« iz 194 Bombarder i daleki izviđač u Evropi i na Pacifiku. Održavao vezu između SAD i Engleske. Izrađeno je 18 160 aviona; 4 motora Pratt and Whitney od 1200 KS, brzina 490 km/sat, vrhunac 9300 m, dolet 3350 km, 10 mitralj., 2600—6500 kg bombi, prema daljini





Sovjetski metalni lovac »Jakovljev Jak 9«, uvršten u borbu 6. X 1942. za bitke kod Staljingrada. Izrađeno je 20 120 aviona. Pratili su i teške bombardere. Motor Klimov od 1250 KS, brzina 580 km na sat, vrhunac 12 000 m, dolet 14 000 km, 1 top, 2 mitraljeza



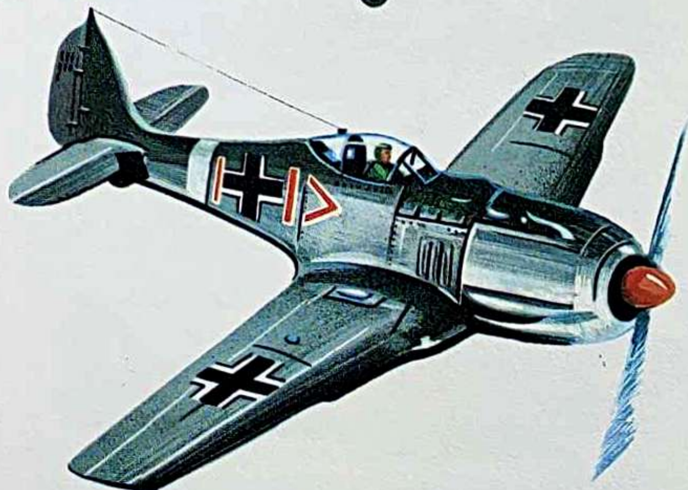
»Piaggio P 108 B« jedini talijanski teški četveromotorni bombarder. Malobrojni, napadahu konvoje u Sredozemlju i Gibraltar; 1943. Nijemci su nekoliko prevezli u SSSR; 4 motora Piaggio, 1500 KS, brzina 420 km/sat, dolet 3500 km, 7 mitr., 3500 kg bomba





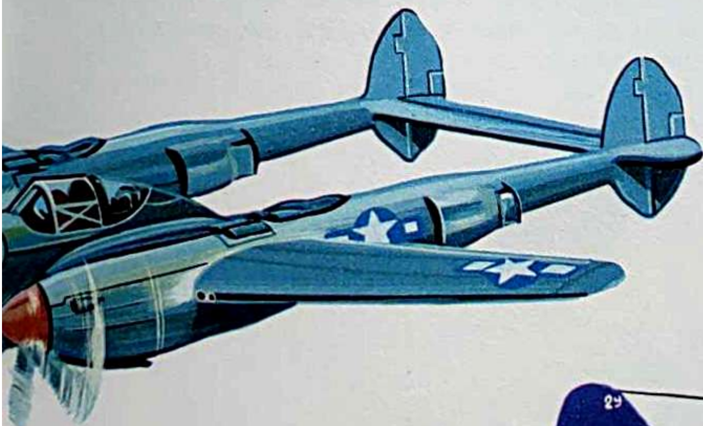
■ Njemački »Junkers Ju 87 STUKA«, projektiran 1935. za bombardiranje u obrušavanju. Pomagao i tenkove. Bombardirao Poljsku. U bitki za Englesku, u SSSR-u, i Sredozemlju. Bombardirao Beograd i Grčku. Motor Junkers Juno, 1400 KS, brzina 360 km na sat, dolet 1000 km, 2 topa (20 mm), mitraljez i 1900 kg bomba





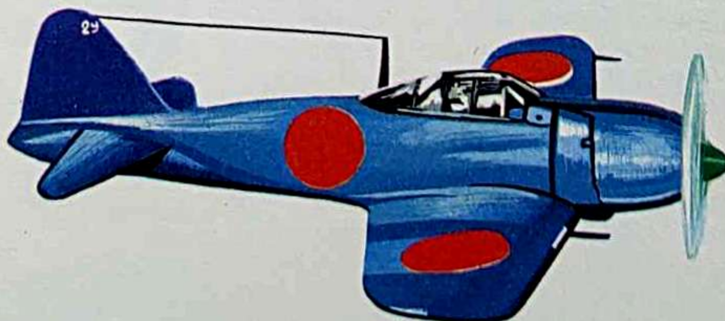
■ Američki »Lockheed P38 Lightning«, najbolji lovac bombarder iz 1941. Izrađeno je 9923 takvih aviona. Oborili su najviše japanskih aparata. U Evropi i kao foto-izviđač. Na jednome je 1944. poginuo as Francuz Saint-Exupéry. Dva motora Allison od 1475 KS, brzina 660 km/sat, vrhunac 9300 m, dolet 3350 km, 10 mitralj., 2600—6500 kg bomba, prema daljini

■ Njemački »Focke Wulf FW 190 D9«, najbolji lovac. Od 1940. do kraja rata izrađeno je 25 000 aviona, posljednji posve metalni. U najtežoj borbi za savezničke ofenzive 1944. Motor 2100 KS, brzina 680 km/sat, vrh. 12 500 m, dolet 800 km, 4 topa, 2 mitraljeza



■ Japanski »Mitsubishi A6M Zero-Sen«, mornarički lovac. Izrađeno je 10 570 aparata. Sudjelovali su u bitkama na Pacifiku s nosača aviona. Motor Nakajima, 1130 KS, brzina 565 km na sat, vrhunac 11 740 m, dolet 1500 km, 2 topa, 2 mitraljeza, 120 kg bomba

anski »De Havilland DH 98 Mosquito« naj-etniji bombarder, lovac, izviđač i presretač. đeno 13 000 aparata. Bombarder: 2 motora s-Royce od 1290 KS, brzina 650 km na sat, t 2000 km, vrhunac 12 500 m, četiri topa i 2000 kg bomba







»Vickers Wellington«, najčuveniji britanski srednji bombarder na početku rata. Borio se u Francuskoj, Njemačkoj, Libiji i protiv konvoja na Sredozemlju. Dva motora Bristol od 1000 KS, brzina 420 km na sat, vrhunac 7300 m, dolet 5000 km, 8 mitraljeza i 300 kg bomba



Britanski lovac »Hawker Hurricane«. Istakao se već prvih dana rata u bitki za Englesku protiv njemačkih ME 109 i u Libiji protiv talijanskih i njemačkih tenkova. Izrađeno je oko 15 000 aparata. Motor Rolls-Royce 1050 KS, brzina 430 km na sat, vrhunac 10 500 m, naoružan s 12 mitraljeza, ili jednim topom, 4 mitraljeza i oko 500 kg bomba



Britanski »Supermarine Spitfire«, najčuveniji lovac. Razvio se iz hidroaviona Schneiderovog cupa. Izrađeno je 20 000 aparata u 13 tipova. U borbi za Englesku. U službi 1938—1950. na svim frontama. Motor Rolls-Royce, 1050 KS, brzina 580 km na sat, vrhunac 10 000 m, dolet 900 km, 8 mitraljeza ili 2 topa i 4 mitraljeza, 125 kg bomba



Britanski »Bristol-156 Beaufighter«, jedini avion, koji se neprekidno gradio od 1939. do 1945. bez većih promjena. Za to vrijeme izrađeno je oko 6000 noćnih lovaca, presretača i protupodmorničkih aparata. Borili su se već od 1941. u Evropi i na Dalekom istoku i veoma se istakli. Dva motora Bristol Hercules XVII od 1725 KS, najveća brzina 600 km na sat, vrhunac 6000 m, dolet 2350 km. Naoružan s 4 topa i 7 mitraljeza; kao lovac podmornica i jednim torpedom

Dana 8. VIII 1940. započela je ogorčena *Bitka za Englesku,* kao priprema za veliku operaciju *Seelöwe* (Zeleve), prema kojoj su Nijemci imali izvršiti desant na britanske otoke. *Raf* (kratica za *Royal Air Force,* č. Rojal Er Fors = Kraljevska zračna sila) u početku se s 800 aviona *Hurricane* (Hariken) i *Spitfire* (Spitfajr), morala boriti s njemačkom Luftwaffe, koja je napadala s 3550 aviona (600 bombardera za obrušavanje, 1400 bombardera, 1250 lovaca i 300 izviđačkih aviona). Bitka je bjesnjela nad Engleskom do 31. X 1940, pa zatim poslije zimskog predaha, do 31. V 1941. U toj su bitki Nijemci izgubili 1500, a Britanci 900 aviona.

Poslije teškog bombardiranja Londona 24. VIII 1941. Raf je počeo bombardirati Berlin i sva važna njemačka vojna i industrijska naselja. U bitki za Englesku, najvažniji su bili lovci, koji su englesko nebo pretvorili u neprobojni vatreni pakao, a kasnije i bombarderi, koji su u 687 462 leta na svim frontovima, od Engleske i Sredozemnog mora do Dalekog istoka, bacili 1 121 945 tona bombi, od toga 657 674 tona na Njemačku.

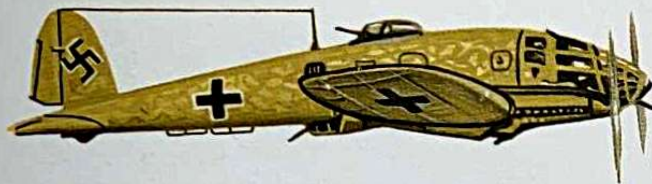
Njemačka je odbacila ograničenja versajskog mirovnog ugovora, koji joj nije dopuštao da posjeduje i gradi vojne avione. *Luftwaffe* je službeno osnovana 1. III 1933, ali je krajem te godine ona imala već više od 1000 vojnih aviona, koji su se izrađivali kao »civilni« aparati. Kad je 1. IX 1939. Njemačka napala Poljsku, Luftwaffe je bila sastavljena od 4800 aviona, od toga 1750 bombardera i 1200 lovačkih aparata.

Njemački su avioni bili konstruirani za tijesnu suradnju s vojskom i u tome ih nije nitko nadmašio. Ali Luftwaffe nije nikad imala teških bombardera s velikim polumjerom djelovanja za rješavanje strategijskih zadataka, a to je ona osjetila najviše onda, kad se zatvorio obruč oko Njemačke, pa je trebalo daleko letjeti da se dosegnu glavni ciljevi koji su ostali u dubokoj protivničkoj pozadini.



»Messerschmitt ME 109«. Najčuveniji njemački lovački avion u drugome svjetkom ratu. Projektirao ga je prof. Willi Messerschmitt 1935. Izrađeno ih je više od 3000, različitih vrsta. Sudjelovali su u bitki za Englesku i borili se u eskadrilama gotovo na svim frontama do kraja rata. Motor Daimler-Benz, 1100 KS, brzina 560 km na sat, vrhunac 10 500 m, dolet 660 km, 2 topa od 20 mm i 2 mitraljeza

Bitka za Englesku bio je odviše težak zadatak za njemačku avijaciju, koja je raspolagala samo lakim bombarderima. Da je tu bitku zametnula ranije, s većim i pogodnijim avionima, Britanci bi se, zacijelo, mnogo teže obranili. Luftwaffe je, na žalost, izvršila mnogo teških zadataka pri napadima na Poljsku, Francusku, Nizozemsku, Norvešku, Jugoslaviju, Grčku (osobito pri operacijama na Kreti), na Sovjetski Savez i Sjevernu Afriku. U tim operacijama nije bilo nekadašnjeg zračnog viteštva. Luftwaffe je neobuzdanom surovošću i bezobzirnim razaranjem i ubijanjem civilnog stanovništva u gradovima i izbjeglica na cestama pomagala zloglasni njemački *Blitzkrieg* (blickrig = munjeviti rat).



Njemački »Heinkel HE 111«, sagrađen 1936. prikriveno kao civilni avion. Najbolji njemački srednji bombarder. Borio se u Poljskoj i na drugim frontama; 1943. nadvladali su ga saveznički avioni. Izrađeno je 15 000 aparata, 2 motora Junkers Jumo od 1300 KS, brzina 410 km na sat, vrhunac 8600 m, dolet 2780 km, 5 mitraljeza i 2800 kg bomba

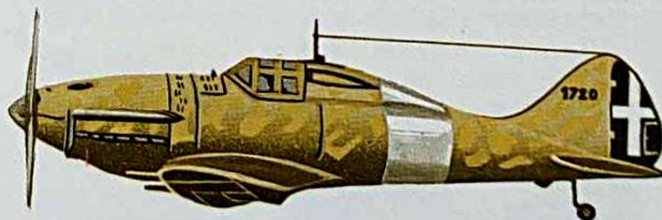
Njemačka industrija je uz izvanredne napore izrađivala avione u neobično velikim količinama. Od početka rata do kapitulacije dovršila je ukupno 120 000 aviona. Proizvodnja se ovako povećavala: 8300 aviona (1939), 10 800 (1940), 11 800 (1941), 15 600 (1942), 25 550 (1943) i 39 800 (1944). Tada se naglo smanjivala, tako da je do 5. V 1945. izrađeno samo 8000 aviona.

Nezaustavljivo je opadala i udarna moć Luftwaffe. Nije joj moglo pojačati snagu ni oko 1400 mlaznih aviona, koji su ušli u borbu u posljednjim mjesecima rata. Pod udarcima sovjetskih, američkih i britanskih motoriziranih divizija i pod neprekidnom tučom savezničkih teških bomba, koje su razarale gradove i industriju, fašistička Njemačka se predala 5. V 1945.

Italija se prije početka drugoga svjetskog rata borila glavnom snagom avijacije u Etiopiji, a znatan broj aviona uputila je za građanskog rata u Španjolsku gdje je pomagala reakcionarne jedinice generala Franca (Franka). Zbog toga, kad su fašisti 10. VI 1940, navijestili rat Francuskoj i tako se umiješali u svjetski sukob uz bok Njemačke, talijansko vojno zrakoplovstvo nije bilo spremno za novi rat. U to doba bilo je sposobno za borbu samo 1696 aviona, i to 783 bombardera, 594 lovca i 419 izviđačkih aviona.

Ni talijanska avijacija nije imala teških bombardera s velikim doletom za strategijske operacije, a najbolji lovački avioni *Fiat CR 42* bili su znatno slabiji od britanskih, pa i od njemačkih. Italija nije imala ni dovoljno sirovina, koje su bile potrebne aeronautičkoj industriji, jer je sa svih strana bila zatvorena pomorskom blokadom. Zbog toga industrija nije u ratu mogla proizvoditi onoliko aviona koliko su zahtijevali generalštab i admiralštab pa i zapovjednici armija s različitih frontova. God. 1939. tvornice su izradile 1750 aviona, ali proizvodnja se slabo povećavala: 3257 aviona (1940) i 3503 (1941). Međutim, od tada se proizvodnja smanjivala na 2813 (1942) i na 1930 aviona (1943), u godini kad je Italija kapitulirala. Dakle, ukupno je talijansko zrakoplovstvo dobilo samo 15 000 aviona, a to je bilo doista malo za Mussolinijeve napuhane planove, pa ni za osrednje operacije na Sredozemnom moru, u Jugoslaviji, Grčkoj i Sjevernoj Africi.

Golemi gubici aviona u ratu nisu se mogli popunjavati, pa je Italiji na dan kapitulacije 8. IX 1943. preostalo samo 670 različitih aviona, koji su već bili i zastarjeli. Saveznička zračna sila bila je tada već pedeset puta jača.

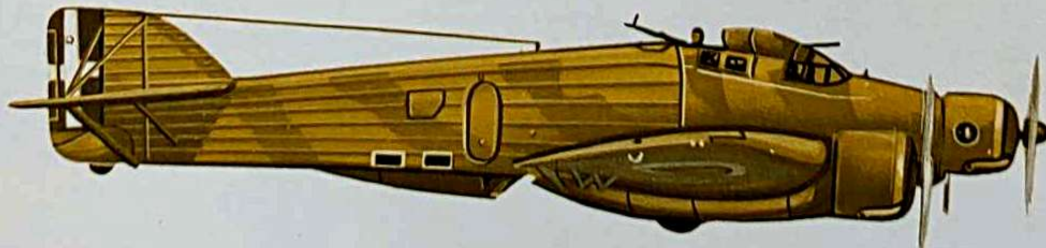




Gore: »Reggiane RE 2001«, talijanski lovac i jurišni avion iz 1942. 252 aviona borila su se nad Maltom, Alžirom i Tunisom. Motor DB 1050 KS, brzina 545 km/sat, vrh. 11 000 m, dolet 1040 km, 4 mitraljeza

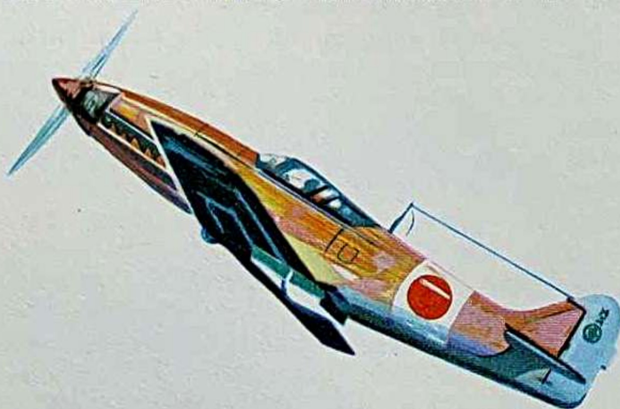
Lijevo: »Fiat 42 Falco« od metala i platna, bio je glavni talijanski lovac do 1942. Borila su se 1784 ovakva aparata s nadmoćnim savezničkim lovcima. Motor Fiat od 840 KS, brzina 450 km na sat. Bio je naoružan sa 2 ili 4 mitraljeza; ponekad je nosio i bombe

Dolje: »SIAI SM 79 Sparviero«, najbolji talijanski laki bombarder i torpedni avion. Tri motora Piaggio od 1000 KS, brzina 430 km/sat, vrh. 6500m, dolet 1900 km, 4 mitraljeza, 1 torpedo ili 1250 kg bomba





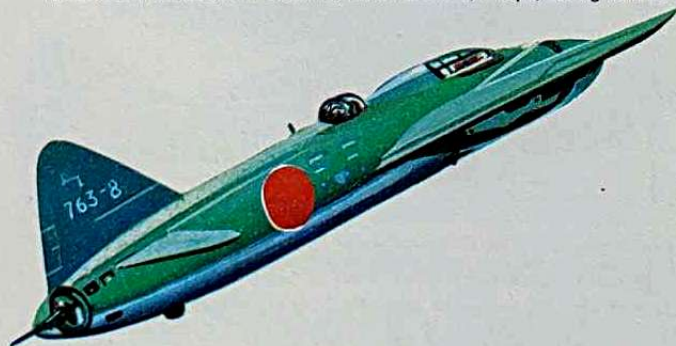
Japanski lovac »Nakajima KI 27« (Nate), najbolji japanski lovački avion do 1942, kad su ga nadmašili američki lovci. Izrađeno je više tisuća aparata. Motor Nakajima, 710 KS, brzina 460 km na sat, vrhunac 5500 m, dolet 620 km, naoružan s 2 mitraljeza i 100 kg bomba



Japanski »Kawasaki Ki-61 (Hien)« lovac presretač. Već 1939, na pokusnom letu dostigao je brzinu od 520 km na sat, a 1941, kad mu je ugrađen jači motor od 1160 KS, povećana mu je brzina na 556 km/sat

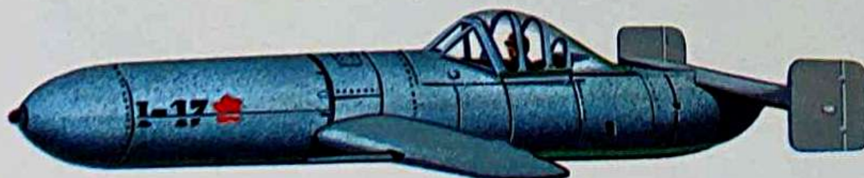


Japanski noćni lovac, presretač »Kawasaki KI 45«, 1700 aparata branilo je Tokyo. Upotrebljavali su ih kamikaze, 2 motora od 1087 KS, brzina 540 km/sat, vrh. 10 000 m, dolet 2000 km, 3 topa, 500 kg bomba



Japanski »Mitsubishi G4M« (Betty), srednji bombarder ratne mornarice. Oko 2479 aviona borilo se na Tihom oceanu. Služili su i kao izviđači, torpedni avioni i nosioci kamikaza. Dva motora Mitsubishi-Kasei od po 1530 KS, brzina 428 km na sat, vrhunac 9220 m, dolet 3600 km. Oružje: 4 topa, 1 mitraljez i 1100 kg bomba (ili jedan torpedo)

Dolje: japanska leteća bomba »Yokosuka Ohka«. Do cilja prenosio ju je srednji bombarder »G4M« i ispustio je s velike visine. U cilj se obrušavao pilot samoubojica kamikaze. Bomba je često nosila i rakete, koje su joj povećavale brzinu do 900 km na sat. U glavi je bilo 1300 kg eksploziva i više limenki petroleja. Pod kraj rata kamikaze su se obrušavale na brodove različitim tipovima aviona



Japan je organizirao vojno zrakoplovstvo 1909, a prvi put ga je iskoristio u ratu protiv Kine. Kako se u kineskom ratu avijacija nije osobito istakla, nitko nije vjerovao da joj je udarna snaga tako jaka kakò se pokazalo 7. XII 1941. kad je napala američku vojno-pomorsku bazu Pearl Harbor na Havajskom otočju. Sa šest nosača aviona pošla su tada u napad 422 mornarička aviona te potopila i teško oštetila osam bojnih brodova i tri krstarice.

Japan je imao 3525 vojnih aviona, saveznici: SAD, Nizozemska, Velika Britanija, Australija i Novi Zeland raspolagali su na Dalekom istoku samo s 1290 aviona sposobnih za borbu. U takvim prilikama Japan je lako osvojio gotovo neograničenu prevlast u zraku, ali ju je mogao zadržati samo sedam mjeseci.

Nakon četiri zračno-pomorske bitke na Koraljnom moru (7—8. V 1942), kod otočja Midway (3—6. VI 1942), kod otočja Marijana (18—20. VI 1944) i otoka Leyte (23—26. VI 1944) prilike su se posve promijenile, jer su u tim bitkama Japanci izgubili 12 nosača aviona, a Amerikanci samo 3. Prevlast u zraku, a s njom i potpuna nadmoć na moru preotele su avijacija i mornarica SAD. Japanci nisu mogli promijeniti prilike u svoju korist ni pilotima samoubojicama, koji su se nazivali *Kamikaze.*

Bez nosača aviona Japanci nisu mogli ni najogorčenijim borbama spriječiti Amerikance da oslobađaju otok za otokom i da napadaju teškim bombama Tokyo i druge gradove na Japanskim otocima.

Pošto su dvije američke leteće super-tvrđave bacile po jednu atomsku bombu na Hirošimu i Nagasaki, Japan je kapitulirao 10. VII 1945, iako je raspolagao još s 9000 aviona i s više od dva milijuna vojnika. Prva atomska bomba, oborena 6. VII 1945, razorila je 60% grada Hirošime i usmrtila oko 160 000 ljudi, a druga takva bomba oborena 9. VIII 1945. na Nagasaki, grad od 260 000 stanovnika, usmrtila je 73 000 i ranila 74 000 ljudi.

U četiri godine rata japanska industrija je izradila 65 000 aviona. Čuvene su bile leteće bombe *Yokosuka Ohka,* s kojima su se piloti *Kamikaze* obarali na američke ratne brodove. Leteće bombe prevozili su do bojišta bombarderi *Mitsubishi G 4 M* i otkačili ih na velikoj visini. Odatle bi se one, ponekad tjerane raketama radi povećanja brzine i do 900 km na sat, obrušile zajedno s *Kamikazama* na brodsku palubu, s oko 1300 kg eksploziva što su ga nosile u glavi. Osim eksploziva nosile su radi izazivanja požara petrolej i benzin.

Rat na Tihom oceanu započeo je napadom iz zraka na Pearl Harbor, a završio je zračnim napadom na Japan.



OD 1945. DO MLAZNIH PUTNIČKIH AVIONA

Američki »Douglas DC 4«. Pošto se u ratu borilo više od 1200 ovakvih aviona na svim frontama, poslije rata uvrstila su ga gotovo sva civilna zrakoplovna društva u pruge preko sjevernog Atlantika. Četiri motora Pratt and Whitney od 1450 KS, letio je na pruzi prosječnom brzinom od 365 km na sat; dolet 3600 km, nosio je 44 putnika

Kao što su usavršenja na avionima u prvome svjetskom ratu učinila da su se 1918, odmah nakon sklopljenog mira, mogla osnivati društva civilne avijacije, tako su razvoj aviona i napredak aeronautičke industrije u drugome svjetskom ratu potakli naglo širenje civilnog avionskog prometa na cijelom svijetu odmah poslije 1945.

God. 1919. svi su civilni avioni na svijetu prevezli oko 5000 putnika, već 1928. deset godina poslije prvoga svjetskog rata, oko 500 000 putnika, a 1938, posljednje godine prije drugoga svjetskog rata, oko 2 500 000 ljudi. Ali, 1945, tj. prve godine nakon drugoga svjetskog rata, promet je porastao na 9 milijuna putnika. Što je, zapravo, pridonijelo tako naglom porastu putničkog prometa na avionima?

Više milijuna mladih ljudi služilo je za rata u avijaciji, gdje su upoznali avione i navikli se na njih. Oni su najbolje znali da su se avioni u ratu usavršili i da su postali posve sigurno prevozno sredstvo. Ti su bivši avijatičari, kao prvi, radije putovali avionima nego sporo i dugo vlakovima. Za njima su se poveli njihovi znanci, pa njihove obitelji te napokon i svi ostali građani.

Prvi je poticaj širenju civilne avijacije dalo povjerenje putnika, ali od jednake su važnosti bila i druga dva uzroka: dobri avioni, koji su stečeno pouzdanje sačuvali i rasprostranjena mreža velikih aerodroma. Prvi su na prekoatlantskim prugama upotrijebljeni avioni *Douglas DC 4* (Daglas) i *Lockheed Constellation* (Lokid Konstelejšn). Ta su dva tipa aviona u ratu prevozila vojnike i opremu. Za vrijeme rata izrađeno je 1200 Douglasa, a isto toliko i Constellationa. Oni su se u pet godina neprekidno i usavršavali, pa im je to bila najbolja svjedodžba. Doista, nijedna tvornica ne bi mogla izraditi 1200 aviona od svakog tipa te iskušavati ih i usavršavati kroz punih pet godina, a da financijski ne propadne.

Avioni DC 4 i Constellation bili su toliko sigurni na velikim preletima preko oceana, da više nije trebalo graditi goleme hidroavione s velikim trupom poput broda, koji pruža velik otpor i smanjuje brzinu. Novi avioni s kotačima bili su znatno brži, pa su se hidroavioni uskoro i prestali izgrađivati.

Nijednom zrakoplovnom društvu i nijednoj državi se ne bi isplatilo da u mirno doba žrtvuje onoliko milijarda dinara, koliko su sve zaraćene države zajedno potrošile u ratu za gradnju guste mreže aerodroma, koji su bili tako opremljeni da su na njih mogli slijetati veliki avioni pri svakakvim vremenskim prilikama. Aerodromi su se u ratu gradili svagdje, najprije na brzu ruku za male borbene i izviđačke avione, a odmah zatim su se proširili vojničkom brzinom i opremali sve modernijom opremom. Poslije rata te je aerodrome upotrijebilo civilno zrakoplovstvo.

Britanski »Lockheed Constellation« iz 1945. Projektiran 1939. kao vojni transportni avion. Poslije rata odmah su ga preuzela civilna zrakoplovna društva, a među prvim američko TWA i evropska društva KLM i BOAC. Uvršten je u transkontinentske pruge i iskazao se izvrsnim osobinama. Lockheed je već i prije stekao povjerenje avionima »Vega« i »Electra«, 4 motora Wright Cyclone od 2200 KS, brzina na pruzi 400 km na sat, dolet 3500 km, 44 putnika





Gore: »Lockheed L 1049 Super Constellation« iz 1953. Razvio se iz čuvenih turbo-elisnih aviona Constellation. Prvi avion ovog tipa uvrstilo je u promet nizozemsko društvo KLM. Kasnije su ga preuzela i mnoga druga društva. Izrađivan je u više tipova i prevozio je najmanje 39 a najviše 80 putnika. Četiri turbo-elisna motora Wright Turbocyclone od 3250 KS, brzina na pruzi 545 km na sat, dolet 7600 km, 80 putnika

Dolje: »Douglas DC 7C Seven Seas« iz 1956. Najrašireniji tip »sedam mora«, tvornice Douglas, prije nego što su uvršteni u promet interkontinentski mlazni avioni. Upotrebljavala su ga sva civilna zrakoplovna društva na prekoatlantskim prugama, ali je 1960. povučen iz tih pruga i upotrebljavao se na kraćim linijama za prijevoz robe. Četiri turbo-elisna motora Wright Turbocyclone, putna brzina 560 km na sat, dolet oko 8000 km. Prevozio je 80 do 99 putnika, koji su putovali odvojeni u prvom i u turističkom razredu

Naglom napretku je pridonijela i aeronautička industrija, koja se u ratu toliko razvila da je mogla odmah preuzeti sve narudžbe za gradnju civilnih aviona. Ona je, bez vojnih narudžbi, ostala i bez posla, pa je jedva čekala da se što prije razvije nova mirnodopska proizvodnja.

Tako su se poslije drugoga svjetskog rata stvorili svi povoljni uvjeti da se civilna avijacija može nesmetano i brzo razvijati. Ipak, nitko nije očekivao da će se ona tako naglo razvijati i da će broj putnika tako brzo rasti: 9 milijuna 1945, 18 milijuna 1946, 21 milijun 1947. i 24 milijuna 1948. Između Amerike i Evrope putovalo je već toliko putnika avionima da su se neprekidno morale pojačavati stare i otvarati nove avionske pruge.

Društvo *Pan American* uspostavilo je prekoatlantsku prugu avionima *DC 4* već 1. X 1945, a *Air France* 10. I 1946. Nakon toga slijedile su pruge američkog društva *TWA* 14. II 1946, nizozemskog *KLM* 22. II 1946. i dr. Avioni *DC 4* mogli su preletjeti put iz Zagreba u New York za 18 sati u tri etape.

Američka društva bila su u početku u povoljnijem položaju, jer su prošla svjetski rat s mnogo manje potresa i gubitaka. *Pan American* i *TWA* prevezla su 1950. oko 75% svih putnika. Kasnije su prevozila nešto manje, jer su u prekoatlantski promet uvrštavala sve više aviona evropska društva: englesko *BOAC*, francusko *Air France*, nizozemsko *KLM*, švedsko *Sabena*, skandinavsko *SAS* i švicarsko *Swissair*. Posljednja su im se pridružila njemačko društvo *Lufthansa* i talijansko *Alitalia*.

Avijacija je 1948. ponovno dokazala svoju sposobnost i transportnu moć. Kad su 22. V. 1948. sovjetske vojne snage zatvorile prilaze Berlinu, ostao je zapadni dio grada, pod okupacijom američkih, britanskih i francuskih vojnih snaga bez ikakve veze sa zapadom. Trebalo je opskrbljivati dva milijuna Berlinčana, kroz tri zračna hodnika široka 2 km, hranom i opremom. Do veljače 1949, kad su se ponovno otvorile cestovne, željezničke i kanalske veze, avioni su u 196 034 leta prevezli 1 588 293 tone robe. Teško je zamisliti tu količinu jer se težinom ne može dobro izraziti laka ali glomazna roba. Oko 360 velikih transportnih i putničkih aviona: *C64 Globemaster*, *C54*, *York*, *Hastings*, *Lancaster* i *Sunderland* letjelo je tim »berlinskim zračnim mostom« slijetalo, istovarivalo robu i uzlijetalo svake tri minute, danju i noću, po svim vremenskim prilikama usred zime.

Turbo-elisni avioni. God. 1953. pojavili su se prvi civilni avioni s motorima nove vrste. Oni su umjesto klipnih motora imali plinske turbine, koje su bile direktno povezane s elisama. Zbog toga su avioni te vrste nazvani: *turbo-elisni, turbo-propelerski, turbo-propulzioni*, ili kratko *turbo-prop* avioni.

Prvi turbo-elisni putnički avioni za duge pruge *Lockheed Super Constellation* i *Douglas DC 7*, a za kraće pruge *Vickers Viscount 700* (Vikers Vajskaunt), uskoro su se toliko istakli da su ih sva zrakoplovna društva morala žurno nabavljati kako ne bi njihove pruge ostale bez putnika, koji su radije putovali modernim i bržim, nego »starim« i sporijim aparatima. *Super Constellation*

mogao je preletjeti put iz Zagreba u New York za dvanaest sati s jednim slijetanjem, a *Douglas DC 7* za jedanaest sati bez spuštanja.

Turbo-elisni avioni su se brzo uvodili na svim dugim prugama. Vjerovalo se da će oni dugo vremena vladati u svjetskom zračnom prometu i da će se dobro isplatiti. Jedan se putnički avion, na prugama gdje ima mnogo putnika, isplati za sedam ili osam godina. I doista, turbo-elisni avioni su dobro privređivali, jer su brzo preotimali putnike avionima s klipnim motorima. Međutim, nije prošlo mnogo vremena, a turbo-elisni avioni su se morali povući na sporedne pruge, jer su transportnu prevlast u zraku preoteli još moderniji avioni na mlazni (reaktivni) pogon.

U Berlinu je avijacija pridonijela da se blokada ne pretvori u treći svjetski rat. Ali, ona nije mogla očuvati mir na Dalekom istoku kad su 1950. ponovno zatutnjili topovi u Koreji.

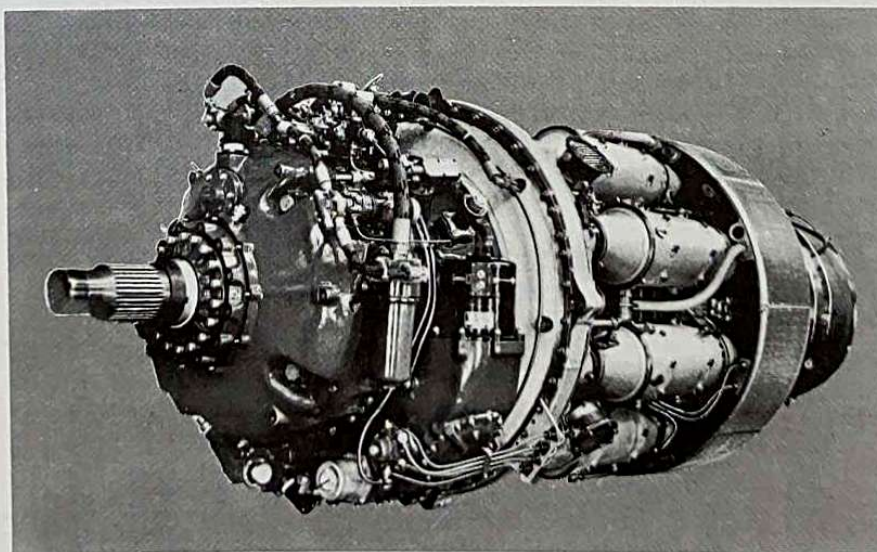
Koreja je nakon oslobođenja od Japanaca podijeljena na dva dijela. Sjeverna Koreja se priklonila socijalističkim zemljama, a Južna Koreja, pod okupacijom američke vojske, prihvatila je kapitalistički sistem vladavine. Iznenada, 25. VI 1950, čete Sjeverne Koreje prodrle su na teritorij Južne Koreje i naglo napredovale prema jugoistoku u želji da oslobode južni dio zemlje i ujedine cijelu Koreju u jedinstvenu socijalističku državu.

Kapitalističkoj vladi Južne Koreje pritekle su u pomoć Sjedinjene Američke Države i još neke članice Ujedinjenih naroda. Međutim, glavnu ulogu u tom ratu igrale su SAD, a na prvom mjestu opet avijacija i mornarica. U početku rata zračna eskadra SAD bila je sastavljena ponajviše od elisnih lovačkih aviona *Mustang F51* i bombardera *B29*. Međutim, uskoro su se pojavili američki mlazni lovci *F80 Shooting Star* (Šuting Star), kojima su se 11. XII 1950. suprotstavili mlazni lovci *Mig 15* sovjetske proizvodnje. Tako je u korejskom ratu došlo do prvih zračnih dvoboja između mlaznih aviona. Iznenađeni mlaznim lovcima sovjetske proizvodnje, Amerikanci su odmah uvrstili u borbu još brže i jače mlazne lovce *F 86 Sabre* i *F 84 Thunderjet* (Tanderđet). Tako je započelo takmičenje u usavršavanju mlaznih vojnih aviona.

Rat u Koreji završio je primirjem 27. VII 1953, a stečena su iskustva pokazala da se u budućim ratovima mora računati u prvim borbenim redovima samo na mlazne avione najvećih brzina. Nakon tog rata sve sile svijeta, a osobito SAD i SSSR proučavaju i konstruiraju, uz goleme troškove, samo avione na mlazni pogon, koji su u letu uskoro premašili i brzinu zvuka.



Britanski putnički avion »Vickers Viscount 700«. Jedan od prvih turbo-elisnih aviona za srednje pruge na svijetu. Već od prve serije, kupilo je 35 civilnih zrakoplovnih društava 288 takvih aviona, jer su bili najbolji u toj kategoriji na svijetu za civilno zrakoplovstvo. Viđa ih se, poboljšanog tipa, još sada na nekim prugama. Tip iz 1953. imao je četiri turbo-elisna motora Dart, brzina 512 km na sat, dolet 3000 km, vrhunac 7650 m, 63 putnika.



Desno: turbo-elisni motor »Bristol Siddeley Proteus 705« od 3900 KS, kojim su opremljeni avioni »Bristol Britannia 102« i »BOC«, toliko su usavršeni da se generalne tehničke revizije mogu obavljati tek nakon 2400 sati pogona, a to je svake druge godine redovite službe na civilnim prugama



CIVILNI MLAZNI AVIONI

Prvi mlazni putnički avion na svijetu »De Havilland DH 106 Comet« iz 1952. Društvo BOAC uvrstilo ga je 2. V 1952. u prugu London—Johannesburg (Južnoafrička Republika). Nakon nekoliko teških nesreća, 1954. je povučen iz prometa, a ponovno je uvršten tek nakon temeljite predgradnje. Četiri mlazna motora »DH Ghost«, putna brzina 700 km na sat, dolet 3850 km, prevozio je 48 putnika, prtljag i poštu

Prvi mlazni avioni izrađeni su za civilnu avijaciju u Evropi, u britanskoj tvornici *De Havilland* (De Hevilend). Poslije dugotrajnih ispitivanja i mnogih pokusnih letova, britansko društvo *BOAC* uvrstilo je 2. V. 1952. na pruzi London—Johannesburg (Južnoafrička Republika) prvi reaktivni civilni avion *DH 106*, nazvan *Comet I*. Taj je golemi avion počeo letjeti gotovo u isto doba kad su uvršteni u linijski promet i prvi turbo-elisni putnički avioni.

Comet je zadivio i iznenadio cijeli svijet, ali je zaprepastio dioničare u zrakoplovnim transportnim društvima, koja su tek naručila turbo-elisne avione. Međutim, u borbi za putnike nije se moglo oklijevati. Prvo se na nove izdatke odlučilo američko društvo *Pan American*, koje je 1955. naručilo dvadeset mlaznih aviona *Boeing 707*, a 26. X 1958. uvrstilo ih u prugu New York—Pariz. Bili su to prvi prekoatlantski civilni mlazni avioni. Iz New Yorka u Pariz *Boeing 707* letio je samo šest sati uz jednake troškove kao stariji *DC 7*. God. 1958. preletjelo je Atlantski ocean 1 292 000 putnika, od kojih su mnogi htjeli letjeti samo mlaznim avionima. Zbog toga se u prvih šest mjeseci putnički promet *Pan Americana* povećao za 70%. Sad više nisu mogla oklijevati ni druga avionska društva. Premjestila su velike avione *DC 7* i *Super Constellation* na manje važne pruge, a na prekoatlantsku rutu uvrstila samo nove mlažnjake.

Iako je cijena jednog prekoatlantskog četveromlažnjaka oko osamdeset milijuna dinara, civilna društva su ih ipak rado kupovala jer su se novi avioni bolje isplaćivali, a i broj putnika se na svjetskim prugama povećavao. Od 31 milijun putnika 1950, 52 milijuna 1953, 77 milijuna 1956, promet je porastao na 87 milijuna putnika 1958. Poslije dvije godine, kad su mlazni avioni (francuske *Caravelle*) uvršteni i u kraće pruge, svi su avioni 1960. prevezli 110 milijuna putnika.

Da se skupi prekoatlantski četveromlazni avioni ipak isplate pokazuje ovaj proračun. God. 1937. prevozio je *DC 3* samo 21 putnika brzinom od 280 km na sat. God. 1945. *Douglas DC 4* letio je sa 44 putnika brzinom od 365 km na sat. God. 1954. turbo-elisni *Super Constellation* prevozio je 80 putnika brzinom od 545 km na sat, a 1958. četveromlazni *Boeing 707* već 165 putnika brzinom od 920 km na sat.

Avion *DC 3* s 21 sjedištem stajao je 1937. godine jedanaest milijuna dinara. Svako putničko sjedište u njemu stajalo je, prema tome, 520 000 d. U modernom četveromlaznom avionu ima 165 sjedišta, a cijena mu je oko osamdeset milijuna dinara. Svako sjedište u njemu stoji 480 000 dinara, dakle, znatno manje. To je razlog da su zrakoplovna društva, unatoč povećanju brzine i udobnosti na avionima mogla sniziti cijene i konkurirati prekoatlantskim parobrodima, koji sve više gube putnike. Ako se uzme u obzir da se takvim avionima može stići iz Zagreba u New York bez spuštanja za manje od sedam sati, prednost je modernih aviona posve očita.

Moderni su avioni veoma složeni i skupi jer su građeni vrlo precizno, čvrsto i uz to lako, kako bi što manje težili u zraku i mogli ponijeti što više putnika. Oni su opremljeni najsloženijim i vrlo skupim spravama i instrumentima. Svaki se novi tip aviona zbog toga dugo proučava, konstruira i iskušava, a to obično traje uvijek mnogo godina. Sve to zahtijeva i mnogo troškova, tako da su sada jedva u stanju tolike izdatke podnijeti i najveće tvornice, pa se mnoge međusobno udružuju. Da bi se konstruirao, proučio, iskušao i sagradio prvi nadzvučni putnički avion u Evropi, troškove nisu mogle podnijeti ni sve francuske ni sve britanske tvornice aviona, pa prvi nadzvučni četveromlažnjak *Concorde* grade francuska i britanska industrija ujedinjenim silama.

Sve su to razlozi da se veliki putnički avioni ne mijenjaju svake sezone kao automobili. Ali, ipak ih danas ima već toliko u svijetu i različitih vrsta, da se u ovoj knjizi ne mogu svi ni nabrojiti.

»Boeing 707«, prvi američki mlazni putnički avion. Naručilo ga je zrakoplovno društvo Pan American i uvrstilo ga 26. X 1958. u prugu New York—Pariz. Četiri mlazna motora Rolls-Royce Convay, brzina 920 km na sat, dolet 6035 km, 165 putnika (u 1. i 2. razredu)



AVIONSKI MOTORI

Sada ima sve manje aviona s klipnim motorima. Obično su to mali putnički avioni u lokalnom prometu, ili privatni, sportski i školski avioni s benzinskim motorima, u kojima su cilindri najčešće raspoređeni u obliku zvijezde. Moderni putnički i vojni avioni opremljeni su mlaznim motorima koji su se u posljednjih dvadeset godina znatno usavršili i razvili u više različnih tipova. Kako su takvi motori veoma složeni, a pojedini se tipovi međusobno posve razlikuju, potrebno je da se prikažu nekim redom i da se opiše njihovo djelovanje.

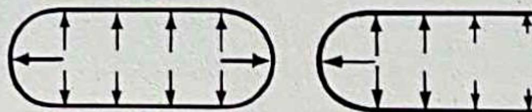
Tlak i poriv. Ako u zatvorenoj posudi na neki način, npr. izgaranjem male količine benzina, stvorimo pritisak, nastali plinovi tlače sve stijene posude jednakom snagom.

Ako zapalimo benzin u posudi koja je na jednoj strani otvorena, plinovi nakon izgaranja tlače sve stijene jednakom snagom, ali kako na otvorenoj strani nema stijene, tu nema nikakva pritiska, pa plinovi jure iz posude velikom brzinom. Tlaku na zatvorenom kraju posude ne suprotstavlja se tlak u protivnom smjeru na otvorenom kraju posude. Stoga pritisak na zatvorenom vrhu potiskuje i pokreće posudu u smjeru zatvorene strane. Na ovom se principu kreće raketa. Nju, dakle, ne tjeraju plinovi koji izlaze iz otvorenog dna posude, nego tlak na zatvorenom kraju koji se naziva poriv ili potisak. Zbog toga se raketa brže kreće u zrakopraznu prostoru nego u zraku, jer otpor zraka ne smeta istjecanju plinova.

Snaga rakete i mlaznog motora ne označuje se na uobičajen način konjskim silama, nego potiskom u kilopondima. U apsolutnom sistemu mjera ime kilogram (kg) upotrebljava se za jedinicu mase. Isto se ime upotrebljavalo dosad i u tehničkom sistemu za jedinicu sile. Da ne bi bilo miješanja između kilogram-sile i kilogram-težine, nazivu kilogram-sile dano je ime *kilopond* (kp). Ime kilopond sporo se širi u tehničkim krugovima, stoga se i danas još počesto govori o sili rakete u kilogramima ili u tonama. Porivnu snagu izraženu u KS bilo bi i teško izračunati jer ona zavisi o odnosu brzine rakete prema brzini zraka oko nje, a i o visini rakete iznad zemlje.

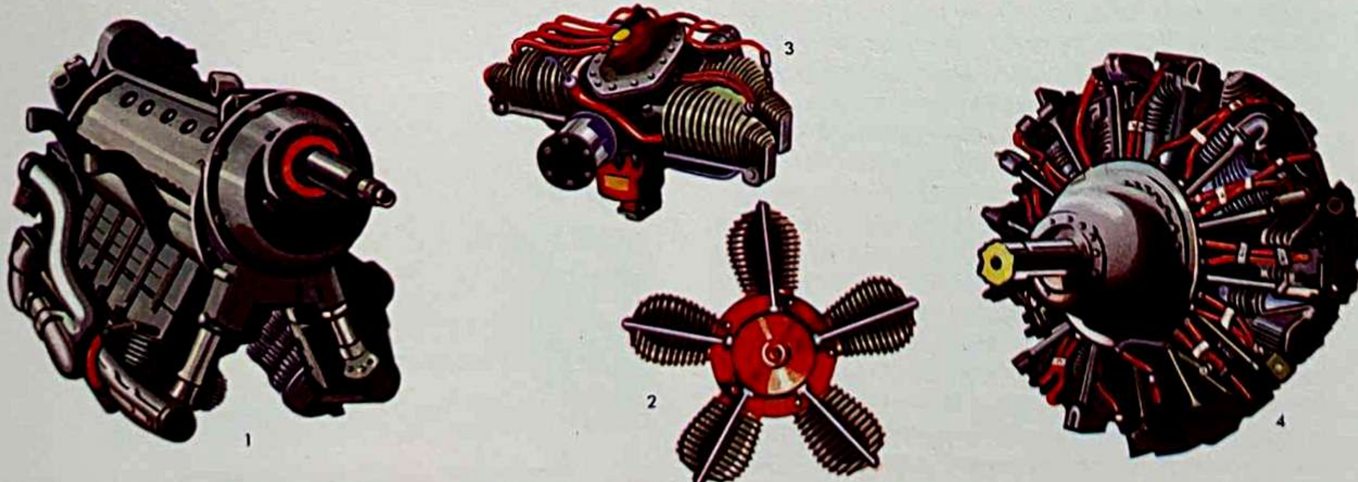
Reaktivni motori nazivaju se često i mlazni motori. To je vrst motora s unutrašnjim izgaranjem u kojima se kemijska energija dobivena izgaranjem goriva pretvara u kinetičku energiju, tj. u poriv. Mlazni motor dobio je ime po mlazu plinova koji velikom brzinom izlaze iz njegove unutrašnjosti. Drugi svoj naziv reaktivni motori dobili su po tom što stvaraju poriv po zakonu reakcije, što ga je *Isaak Newton* (Njutn) otkrio prije 300 godina. Taj zakon glasi: »Svakoj akciji (sili) kojom se djeluje na neko tijelo odgovara jednaka reakcija (protusila) u protivnom smjeru.« To znači, ako se rukom pritiskuje zid, jednakom silom i zid pritiskuje ruku. Ako zid pritisnemo rukom stojeći na kolicima, ona će se pokrenuti od reakcije zida na našu ruku.

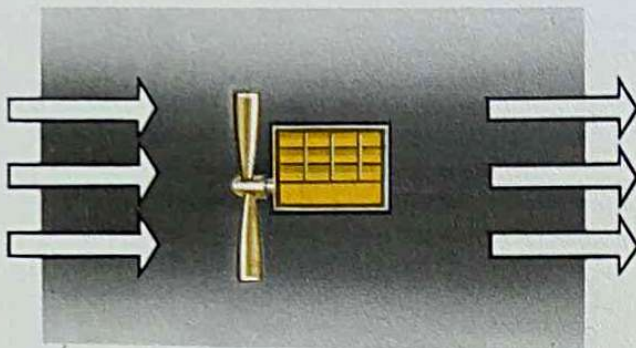
I reaktivni motor radi na tom principu. Njegovo ćemo djelovanje lakše shvatiti ako se opet poslužimo kolicima. Popnimo se na posve laka kolica s kugličnim ležajevima na glavinama kotača. Na takva kolica koja su namještena na ravnom kolosijeku natovarimo gomilu opeka. Uzmimo jednu opeku i bacimo je velikom snagom unatrag.



U zatvorenom su gorištu tlakovi plinova izgaranja u ravnoteži. Desni otvor remeti ravnotežu, a plinovi potiskuju posudu ulijevo

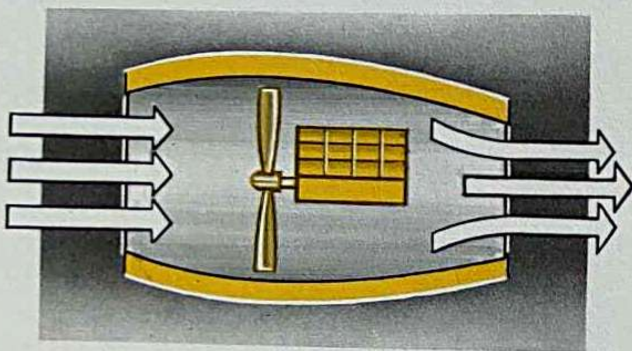
Razvoj avionskih motora: 1. avionski V-motor s dvanaest cilindara, 2. zvjezdasti avionski motor s pet cilindara, 3. avionski bokser-motor s četiri cilindra, 4. zvjezdasti avionski motor s četrnaest cilindara, koji su podijeljeni u dvije zvijezde, svaka po sedam cilindara





Avionski klipni motor s otvorenom elisom

Za vrijeme dok je rukom bacamo, tj. dok joj akcijom dajemo brzinu, opeka jednakom reakcijom djeluje na ruku, i kolica se pokreću naprijed, tj. u protivnom smjeru. Ako nastavimo bacati opeke unatrag, kolica će se kretati sve brže, a u trenutku kad izbacimo posljednju opeku, kolica će dostići najveću brzinu. Ta će brzina biti to veća što se izbaci više opeka, što su one teže i što se bacaju većom brzinom.



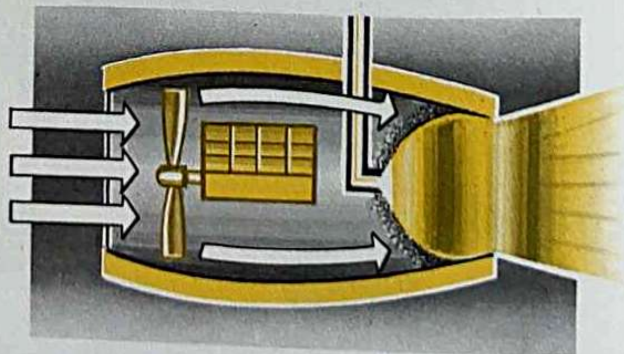
Avionski klipni motor s elisom u sapnici

Na takvu se principu giba raketa. Ona u sebi nosi gorivo koje izgara, plinovi se šire i u unutrašnjosti stvaraju pritisak. Od tog tlaka na stražnjoj strani rakete plinovi izlaze u mlazu velikom brzinom. Što je veća sila kojom se izbacuju plinovi, to je veća i reakcija na suprotnom kraju rakete, pa je i njezina brzina veća. Kolica (ili raketa) kretali bi se u zrakopraznu prostoru brže jer zrak ne bi pružao otpor bačenim opekama (odnosno plinovima) kao ni gibanju kolica (ili rakete). Kolica (ili raketa) ne kreću se zbog toga što se opeke (ili plinovi) odupiru od zraka. O tom su imali pogrešno mišljenje čak i prvi piloti mlaznih aviona. Jedan je stari pilot postavio avion ispred betonskog zida misleći da će pružanjem otpora plinskom mlazu povećati poriv u motoru i time ubrzati uzlijetanje aviona na kraćoj stazi. Pilot je opazio da se prevario kad je vidio da je njegov avion krenuo sporije od drugih aviona oko njega. Betonski zid smanjio je brzinu istjecanja plinova, povećao je pritisak na otvorenoj strani mlažnjaka, a to je gotovo isto kao da je zatvorio stražnju stranu posude. Smanjio je akciju, a time i reakciju, tj. poriv motora.

Vratimo se ponovno pokusima s kolicima. Ovog puta nemojmo opeke natovariti na kolica, nego ih rasporedimo duž kolosijeka kojim će se ona kretati. Popnimo se na kolica, dohvatimo prvu opeku i bacimo je snažno unatrag; kolica će krenuti. Dohvatimo odmah drugu opeku, pa i nju hitnimo unatrag, zatim treću i redom sve ostale. Zbog reakcije kolica će se kretati sve brže i gibat će se sve dotle dok ne ponestane opeka, ili dok se ne sustane u bacanju. Na sličan način radi i reaktivni motor. On ne mora nositi sa sobom tvar potrebnu za izbacivanje unatrag, nego usput uzima iz atmosfere zrak koji ulazi kroz prednji otvor u motor gdje se grije kako bi mu se povećao obujam i pojačao pritisak, a zatim se izbacuje unatrag. Zrak doduše nije tvrd predmet kao što su opeke u opisanom pokusu, ali i on ima svoju težinu. Tako npr. veliki reaktivni motori izbacuju 150 kg zraka u sekundi!

Izvršimo još jedan pokus s kolicima. Bacimo jednu opeku najvećom brzinom, a kad se kolica zaustave, izbacimo dvije opeke, svaku s pola manjom brzinom. Kolica će se pokrenuti u oba slučaju posve jednakom brzinom iako smo pri bacanju prve opeke upotrijebili svu snagu. Naponu naših mišica na kolicima odgovara utrošak goriva u reaktivnom motoru. Ovim smo pokusom otkrili djelovanje potiska kod reaktivnog motora. Uz pretpostavku da su sve ostale okolnosti jednake, povoljnije je izbacivati veću masu manjom brzinom, nego manju masu velikom brzinom.

Elisa svojim uzvijenim krakovima odbacuje veliku količinu zraka, ali relativno malom brzinom. Njezino je djelovanje dobro kod malih brzina aviona, a nedostatak joj je što siječe zrak mnogo brže nego što leti avion, pa vrlo brzo vrhovi njezinih krakova dostižu brzinu zvuka. U tom se trenutku stvaraju udarni zvučni valovi (zvučni zid), koji pogoršavaju otjecanje odbačenog zraka i smanjuju djelovanje elise. Zbog zvučnog zida elisni avioni prije 25 godina nisu mogli premašiti brzinu od oko 750 km na sat.

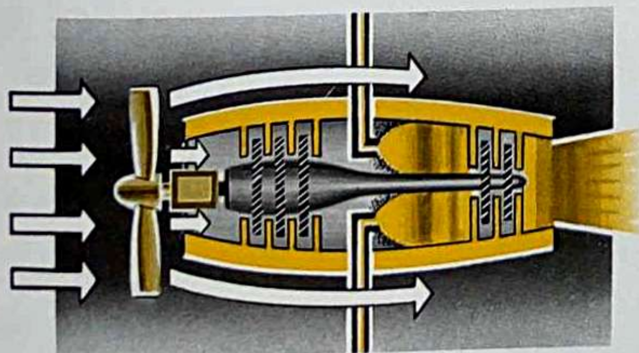


Motor-reaktor (elisa djeluje kao kompresor)

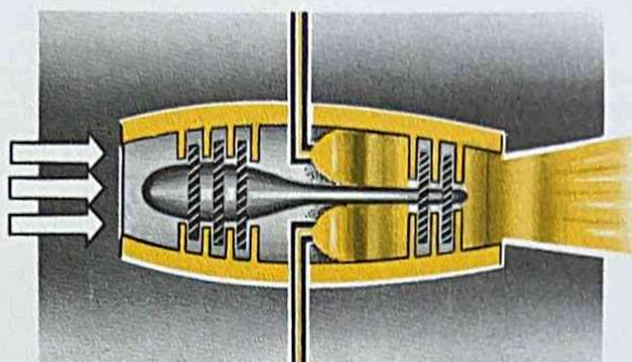
Elisa u sapnici. Opisani se nedostatak može ublažiti ako se elisa umetne u cijev, koja je najšira na mjestu gdje je smještena elisa, a ispred toga mjesta i iza njega se suzuje. Zrak ulazi u cijev velikom brzinom, ali se u prednjem dijelu cijevi širi, i zbog toga mu se smanjuje brzina. Elisa se stoga okreće u zraku koji je sporiji od aviona, pa se uz jednak poriv elisa okreće brzinom manjom od brzine zvuka. Zrak potisnut elisom zatim prolazi sve užim dijelom cijevi gdje mu se povećava brzina prije nego što iziđe iz mlaznice. Zbog velike brzine istjecanja plinova tlak osjetno pada na stražnjoj strani motora, a u sredini, kod elise, raste poriv.

Motor-reaktor. Ako se posvetimo proučavanju djelovanja elise u sapnici, zacijelo će nam se nametnuti pomisao da bismo iza elise palili neko gorivo koje bi grijalo zrak, širilo ga i izbacivalo još većom brzinom. Tada bi tlak plinova na stražnjoj strani još više padao, a poriv elise bi rastao. Na takvu principu radi motor-reaktor koji daje veći poriv nego sam motor s elisom. U motor-reaktoru elisa djeluje zapravo kao kompresor jer sabija zrak ispred mjesta gdje izgara gorivo.

Turbo-reaktor. Motor-reaktor izumljen je zapravo već kao mrtvorođenče. Konstruktor sir *Frank Whittle* (Vitl) patentirao je već 1937. gotovo sve principe mlaznih motora, pa i dvoprotočne, koji su upotrijebljeni na avionima tek 1961. Doista nije potrebno u sapnicu umetati težak klipni motor s elisom kad se može u mlaz izlaznih plinova umetnuti turbina koja ne okreće elisu, nego kompresor s lopaticama. Na tom principu radi turbo-reaktivni motor. Na prvi se pogled takav motor čini jednostavan, ali je ipak trebalo mnogo truda i vremena dok se usavršio. U početku je turbina jedva tjerala kompresor, i sva se njezina snaga trošila na tlačenje zraka tako da je turbo-reaktor jedva okretao sam sebe. Dugo su se proučavali i iskušavali oblici lopatica na turbini i na kompresoru, usavršavali se oblici kanala kojima struji zrak, tražio se, kao i kod klipnih motora, najpovoljniji stupanj sabijanja

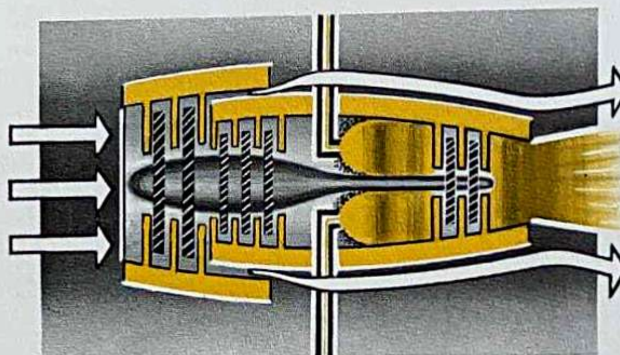


Turbo-elisni motor (elisu okreće turbina)



Turbo-reaktor (ima turbinu umjesto elise)

zraka i plinova i istraživao se način kako će gorivo najbrže izgarati. Pošto se ustanovilo da je stupanj djelovanja turbo-reaktora to bolji što se plinovi jače griju, trebalo je usavršiti turbinu kako bi mogla izdržati visoke temperature. Ova je vrst motora danas dobro usavršena, pa već i turbina samo s jednim kolom i promjerom od 50 mm može prikupiti toliko snage da može tjerati kompresor silom od 10 000 KS.

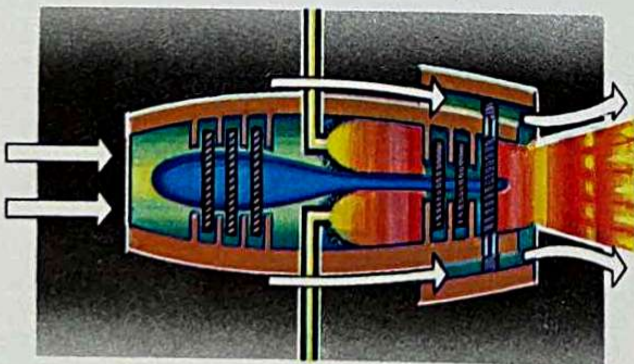


Turbo-reaktor s prednjim puhalom

Turbo-elisni motor. Umjesto jednog turbinskog kola može se na osovinu namjestiti više kola s lopaticama. Vrući zrak tada izlazi iz mlaznice nešto manjom brzinom, ali turbina daje više snage, pa se taj višak može iskoristiti na avionu za pogon elise, a na helikopteru za okretanje rotora. Sila se u oba slučaja prenosi preko prenosnika (reduktora) jer se turbo-reaktori okreću odviše velikom brzinom (veliki s 8000, a mali, opremljeni centrifugalnim kompresorom, i do 30 000 okretaja na minutu). Turbo-elisni motori zovu se i turbo-propulzni, skraćeno turbo-prop, ili turbinsko-propelerski motori. Oni imaju mnogo prednosti: veoma su laki, imaju malen promjer, vrlo su sigurni i pouzdani te rade 2600 sati bez generalnog popravka. Najčuveniji su turbo-elisni motori *Rolls Royce Dart R.Da. 6*, a ima ih danas već i sa porivnom snagom od 8000 kp. Jedini im je nedostatak što im se brzina okretanja mora ograničiti da vrhovi krakova elise ne bi premašili brzinu zvuka.

Turbo-feni. Nedostatak se turbo-elisnih motora može izbjeći tako da se osobita elisa koja je izrađena kao neka turbina s jednim ili više kola i s povećim lopaticama ovije plaštem u obliku sapnice. Takva se elisa, koja se naziva puhalo ili fen (engl. fan), može namjestiti na prednjem ili na stražnjem kraju motora. Motori s puhalom na prednjem kraju nazivaju se u svijetu forvard-fen (engl. forward = prednji), a oni s puhalom na stražnjem kraju zovu se aft-fen (engl. aft = straga). Motori aft-fen (aft-fan) su pogodniji i više se upotrebljavaju jer se kod njih u produženju turbinske osovine može smjestiti posebna nezavisna turbina, a na njezinu obodu još lopatica puhala. Motor aft-fen ima još nekoliko prednosti: do lopatica dolazi ugrijan zrak: fen djeluje kao utišač buke pa se na kraju mlaznice ne moraju namještati posebni utišači; pogodniji je oblik njegova vanjskog plašta pa se može lakše smjestiti uza stražnji dio avionskog trupa; na nj se može lakše dograditi prekretnik poriva koji se upotrebljava za kočenje pri zaustavljanju aviona na sletnoj stazi. Na ovakav se način s malo preinaka mogu pregraditi obični turbo-reaktori, i time se za oko 40% povećava njihov poriv pri uzlijetanju. Motor aft-fen troši oko 10% manje goriva, ali kako se zbog njegova široka vanjskog plašta povećava otpor zraka za oko 7%, ušteda goriva kreće se oko 3%. Protok zraka kroz ovakav motor veći je za oko 150% nego kod običnog mlaznog motora.

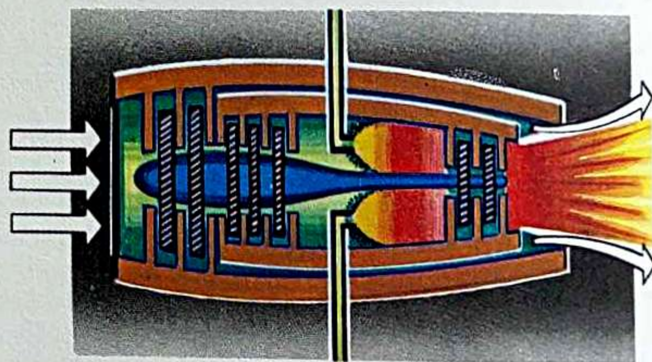
Dvoprotočni turbo-mlazni motori. Iskustvo je pokazalo da je za pogon mnogo povoljnije ako se smanji razlika temperature između plinskog mlaza koji izlazi iz turbine i onog zraka koji izlazi iz fena. Stoga treba unutrašnji prostor hladiti, a vanjske kanale grijati kako bi se plinovima izjednačila brzina. Motoru forvard-fen treba samo produžiti vanjski plašt da bi se dobio dvoprotočni motor (double flux, č. dabl flaks), koji je najsavršeniji motor današnjice i daje najveću porivnu snagu. Prvi se takvi motori sada ugrađuju u najmodernije avione, ali se još uvijek poboljšavaju, jer treba riješiti različne njihove nedostatke koji nastaju od previsokih temperatura.



Turbo-reaktor sa stražnjim puhalom

Inženjeri istražuju legure aluminija, titana i čelika koje mogu odoljeti vrlo visokim temperaturama.

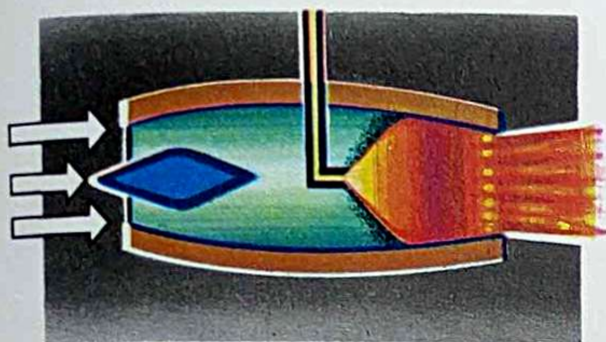
U gorište brizgači uštrcavaju petrolej, a prstenasta užarena gorišta griju raspršene kapljice, pa one izgaraju vrlo naglo i potpuno. Kroz gorište prolazi samo oko ¼ zraka, a ostale ¾ klize oko komora i snizuju temperaturu unutrašnjeg plinskog mlaza da ne bi pregorjele turbinske lopatice, koje su osim toga redovito šuplje, pa ih hladi zrak iz kompresora što prolazi kroz njih. Ali, i unatoč takvu hlađenju, lopatice su za vrijeme pogona užarene do bjelila (do temperature od oko 1000°). One se za dugotrajnog pogona rastežu i produžuju zbog visoke temperature, zbog goleme centrifugalne sile koja je više puta jača od sile teže i zbog toga što je svaka od njih veoma opterećena jer stvara snagu od nekoliko stotina KS. Stoga se u turbo-reaktoru, obratno nego u klipnu motoru, smanjuju raspori i međuprostori, pa nakon 2000 sati pogona reaktore treba otvoriti i provjeriti im međuprostore. Kako se reaktor nakon upućivanja i grijanja rasteže, mora biti uz trup aviona pričvršćen elastično tako da se spojevi mogu pomicati.



Dvoprotočni turbo-reaktor

Na putničkim avionima reaktori se upućuju elektromotorom, a na vojnim avionima plinskom turbinom s pogonom na barut, monergol ili petrolej. Tako se upućuje uvijek samo jedan motor, a kad on proradi, stlačenim se zrakom iz njegova kompresora upućuju ostali motori na avionu. Uređaj za upaljivanje, koji radi s velikim tlakom i visokim frekvencijama, upotrebljava se samo pri upućivanju reaktora i samo u jednoj komori, a kasnije se plamen širi iz jedne komore u drugu i sam se pali od visoke temperature u komori za izgaranje.

Kako turbo-reaktori moraju pri uzlijetanju raditi najvećom snagom i najvećom kompresijom, pri letenju smanjenom brzinom a pri slijetanju najsporije, kompresor mora biti tako izrađen da se može kompresija ugađati. Zbog toga se na modernim motorima kompresor dijeli u dva dijela. Visokotlačni dio radi neprekidno punom snagom, a kola niskotlačnog dijela mogu se re-



Nadzvučni stato-reaktor

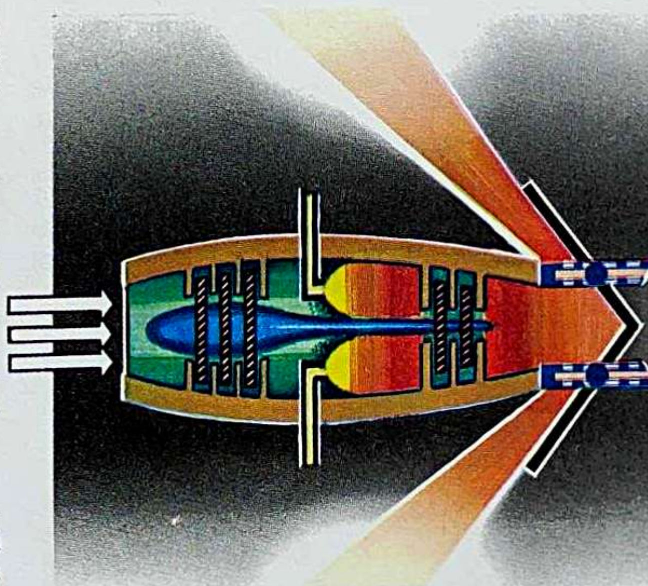
gulirati na dva načina: tako da se sporije ili brže okreću posebnom turbinom i vanjskom osovinom, ili da se zakretanjem lopatica jače ili slabije u motor sabija zrak. Kompresor s visokotlačnim i niskotlačnim dijelom sa dvije koncentrične osovine i 17 stupanja kompresije (17 kola) ima turbo-reaktor *Rolls-Royce Conway* (Konvej) koji daje potisak od 5000 kp.

Reaktori daju na velikim visinama nešto manji poriv jer je zrak ovdje rjeđi i lakši. Međutim, u rijetku zraku manji je i otpor kretanju aviona. Poriv reaktora zavisi i o temperaturi zraka. Što je zrak hladniji, reaktor daje jači poriv. Za ljetne žege na ugrijanu betonskom uzletištu reaktor daje znatno manju porivnu snagu.

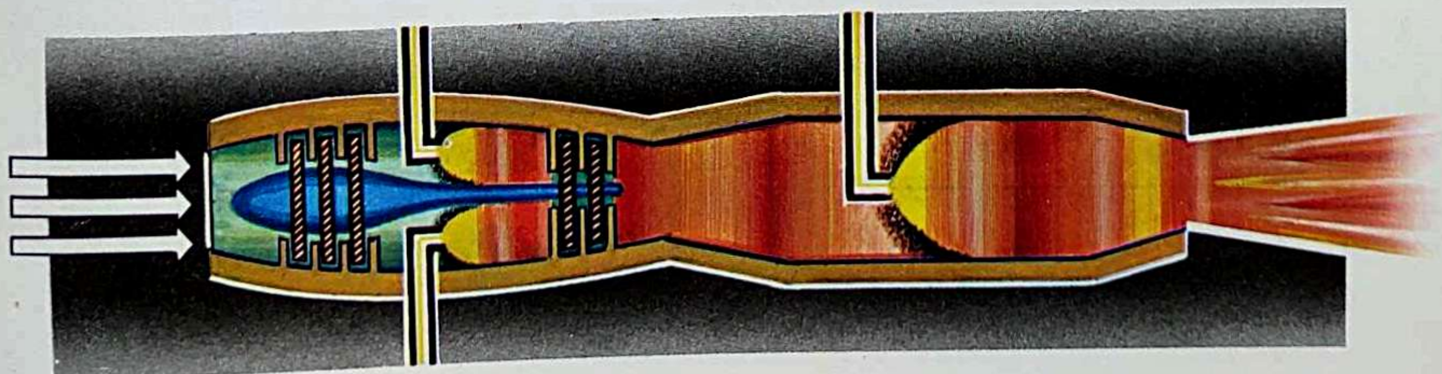
Kako se avion diže, tako zrak postaje hladniji, a na visini od oko 12 000 m vlada temperatura od oko —57°. U većim visinama temperatura zraka gotovo se ne mijenja. Ako se uzme u obzir razrijeđenost i temperatura zraka, moderni avioni s turbo-reaktivnim motorima postizavaju najveću brzinu na visini od oko 12 000 m. Na visini od oko 13 000 do 15 000 m avioni prevaljuju najviše puta uz najmanji potrošak goriva. Na tim visinama zbog najekonomičnije brzine prolaze danas pruge novih prekooceanskih putova.

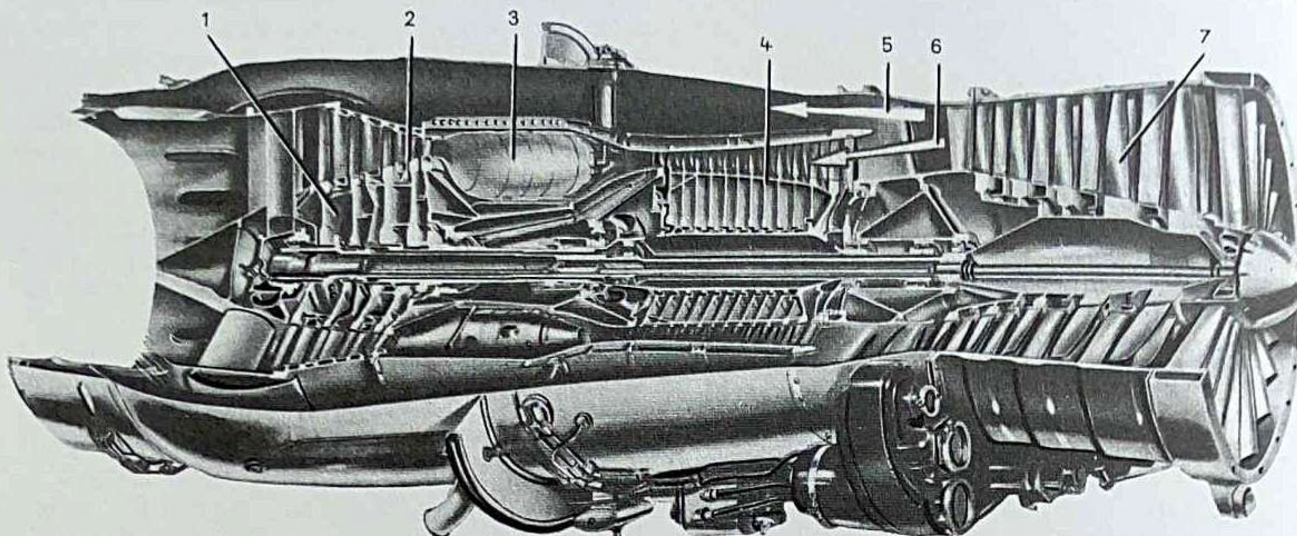
Povećanje poriva nužno je potrebno pri uzlijetanju civilnih i vojnih aviona, te pri penjanju i borbi vojnih aviona lovaca. Poriv se povećava na dva načina. Na velikim civilnim avionima pri uzlijetanju ubrizgava se u komoru za izgaranje smjesa vode i metanola. Putnički avion *Boeing 707* nosi više vode nego avion *DC 3* benzina. Vodena para povećava težinu izbacivanog zraka, a time pojačava i silu poriva za oko 15%. Kako vodena para hladi plinski mlaz, metanol se dodaje da taj mlaz grije, ali smjesa mora biti takva da ne bi kvarila turbinske lopatice.

Poriv se može mnogo više povećati (do 50%) mlaznicom s doknadnim izgaranjem. U zrakoplovstvu se za doknadno izgaranje ponekad čuje engleski naziv post-combustion (post kambastšen) ili kratko P. C. U reaktoru oko ¾ zraka ne prolazi kroz komoru za izgaranje. Stoga se mlaznica može produžiti i proširiti tako da se neutrošen zrak širi i usporava, te se na tom proširenom mjestu može namjestiti druga skupina brizgača koja ubrizgava dva puta više goriva nego brizgači u gorištu. Zrak se tu širi, sabija i izbacuje 50% jačim mlazom. Moderni lovački avioni opremljeni reaktorom s doknadnim izgaranjem naglo dostižu punu brzinu pri uzlijetanju, i toliko im se skraćuje vrijeme penjanja da se time posve nadoknađuje povećan utrošak petroleja. Svi avioni koji su u posljednje vrijeme obarali rekorde nadzvučnih



Gore: prekretnik potiska (reakcijska kočnica)
Dolje: turbo-reaktor s doknadnim izgaranjem

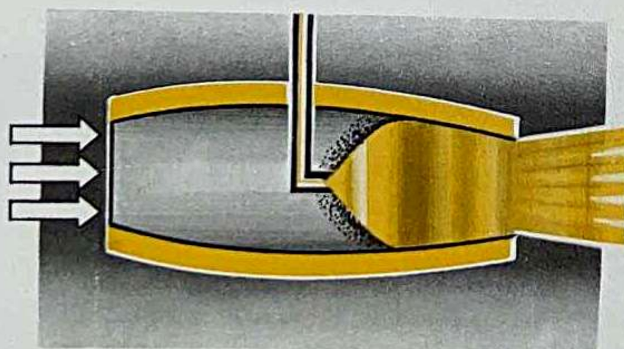




Dvotrupi dvoprotočni (5,6) turbo-reaktor »Rolls-Royce RS-25« s peterostupanjskim niskotlačnim kompresorom (7), dvanaestostupačnim visokotlačnim kompresorom (4), s gorištima (3) u krugu, s dvostupanjskom visokotlačnom turbinom (2) i dvostupanjskom niskotlačnom turbinom (1). Masa turbo-reaktora 1010 kg, najveći potisak 5175 kp. Turbo-reaktor ima i prekretnik poriva na slici, zbog preglednosti, nije pokazan

brzina bili su opremljeni reaktorom s doknadnim izgaranjem. U trenutku kad pilot uključi doknadno izgaranje, na mlaznici se otvara stražnji dio plašta kako bi se mogao propustiti veći mlaz plinova koji izlaze uz paklensku grmljavinu i udar što djeluje na čovjeka i na daljini od 1 km.

Stato-reaktor je mlaznica bez reaktora, tj. bez turbine i bez kompresora. Upotrebljava se na avionima koji lete nadzvučnom brzinom. Pri takvoj brzini zrak je na ulazu u mlaznicu već ugrijan i stlačen kao da izlazi iz kompresora. Stoga kompresor nije potreban, pa s njim otpada i turbina koja bi ga okretala. Stato-reaktor daje najbolji poriv pri brzini koja je 2,5 do 5 puta veća od brzine kojom se širi zvuk. Pri većim brzinama zrak je na ulasku u mlaznicu tako stlačen i vruć da bi se rastalio čitav stražnji dio mlaznice kad bi se još grijao ubrizgavanjem petroleja. Za brzine 5 ili 6 puta veće od zvuka ostaje jedini porivnjak raketa.



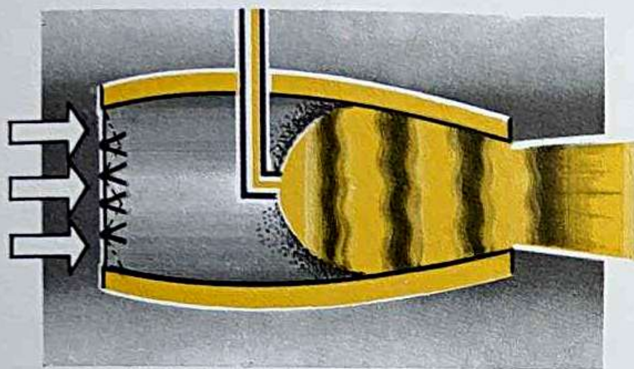
Dozvučni stato-reaktor

Nepomičan stato-reaktor ne daje nikakva poriva jer je otvoren s obje strane pa bi plinovi iz njega izlazili na oba kraja mlaznice gotovo jednakom brzinom. Takav motor djeluje samo ako se kreće nadzvučnom brzinom. Zbog toga se za uzlijetanje aviona mora upotrijebiti neki drugi motor, npr. turbo-reaktor. Avioni s miješanim motorima, tj. koji su opremljeni turbo-reaktorima s doknadnim izgaranjem za uzlet i stato-reaktorima za zračnu plovidbu nadzvučnom brzinom možda će biti najpogodniji za daleka prekooceanska putovanja u visini od oko 13 000 metara brzinom od oko 3 Macha.

Machov broj. Austrijski fizičar i filozof *Ernst Mach* (Mah) dugo se bavio istraživanjem odnosa brzine gibanja nekog tijela i brzine rasprostiranja zvuka u zraku. On je prvi opazio i istakao značenje tog odnosa i svoja opažanja dokazao fotografiranjem udarnih zvučnih valova pri letu puščanog zrna kroz zrak. Danas se brzina aviona koji leti brže nego što se rasprostire zvuk označuju samo Machovim brojem. Tako se npr. kaže da avion leti brzinom od 2 Macha ako mu je brzina dva puta veća od brzine rasprostiranja zvuka u zraku, tj. veća od 2 × 330 metara u sekundi. Prema tome je 1 Mach = oko 1200 km na sat.

Pulzo-reaktor se naziva i pulzirajući ili praskavi reaktor. Takav reaktor stvara poriv i pri manjim brzinama, jeftin je jer nema ni turbine ni kompresora, nego na svom prednjem kraju samo nekoliko nepovratnih ventila ili običnu žaluziju. On radi kao neka vrst dvotaktnog motora. Paljenjem ubrizganog goriva iza zatvorene žaluzije stvaraju se plinovi visokog pritiska koji pojure velikom brzinom iz stražnjeg kraja mlaznice. U njoj se

stvori djelomična praznina, otvaraju se žaluzije i kroz njih se usisava zrak. Prodrli zrak opet se pali, žaluzije se od tlaka zatvaraju, a plinovi pojure unatrag kroz mlaznicu. Tako se to ponavlja neprekidno od deset do nekoliko stotina puta u sekundi, što ovisi o dužini mlaznice. Pulzo-reaktor je prvi put upotrijebljen u letećoj bombi *V 1*, a kasnije se upotrebljavao na nekim planerima i zračnim jedrilicama. U pulzo-reaktoru uopće nema pokretnih dijelova, stoga je vrlo jeftin i siguran, ali poriv mu je dosta slab, a pri pogonu stvara zaglušnu buku.



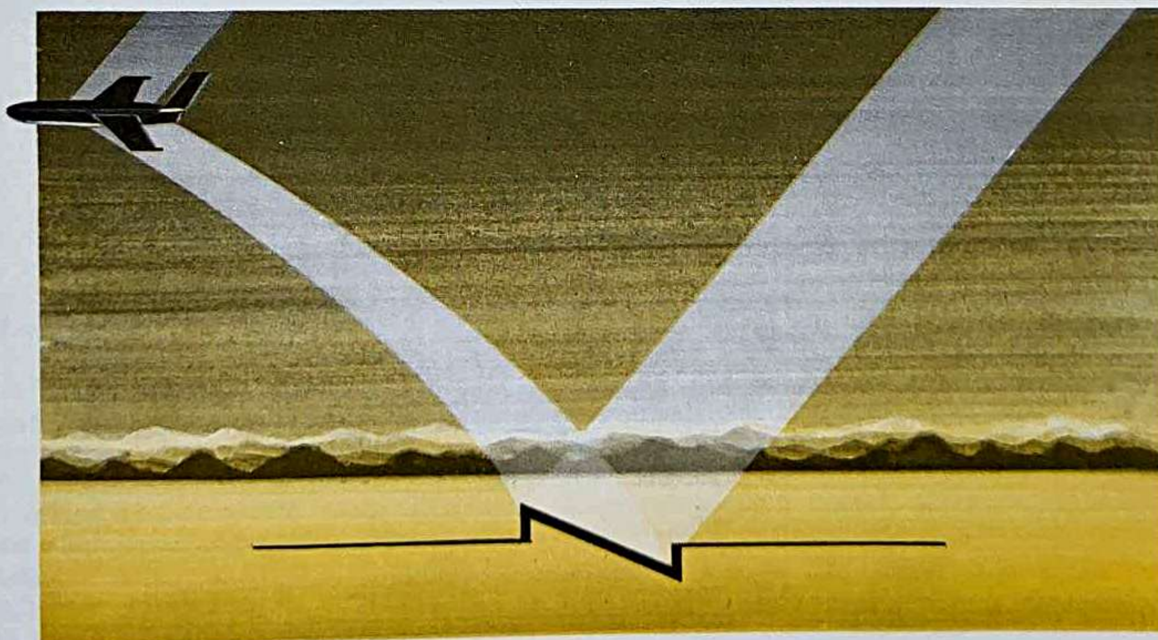
Pulzo-reaktor (pulzirajući reaktor)

Zvučni zid. Zvučnim zidom nazivaju se smetnje na koje nailazi avion kad leti zvučnom ili nadzvučnom brzinom. Te smetnje nastaju zbog mehaničkih i akustičkih pojava što ih izaziva zbijanje zraka. Kad se brzina aviona približi brzini zvuka (1 Mach), naglo se povećava zračni otpor, uzgon se smanjuje, avion gubi stabilnost, trup počinje drhtati, tresu se krila, pa je potreban velik napor da bi se avionom upravljalo. U početku upravljačka palica postaje teško pokretljiva kao da je netko pridržava velikom silom, a kasnije se sama giba naprijed-natrag takvom snagom da je pilot ne može primiriti. Ponekad se frekvencija zračnih udara podudara s frekvencijom vibracija aviona, pa nastaje rezonancija od koje prijeti opasnost da se avion raspadne. Tajna zvučnih pojava pri letu brzih aviona razjašnjena je tek nakon dugih proučavanja i ispitivanja.

Kad avion leti, on je izvor zvuka koji se širi na sve strane u koncentričnim kuglama. Kad leti običnom brzinom, zvučni valovi se šire nesmetano i ispred aviona prema naprijed. Međutim, kad se brzina aviona približi brzini zvuka, zvučni se valovi ne kreću ispred aviona, nego zajedno s njim. Zrak se tada zbija ispred krila, stvaraju se zračni vrtlozi i zbijeni zvučni valovi koji postaju zvučna prepreka. Odatle i potječe naziv *zvučna barijera* ili *zvučni zid*.

Čovjek koji sa zemlje promatra avion u letu redovito čuje prije zvuk nego što zamijeti avion koji mu se približava. Međutim, kad avion leti brzinom zvuka, on se primjećuje u istom trenutku kad i zvuk, ali tada to nije redovita buka, nego oštar prasak koji može razbiti i stakla na prozorima ako nisu odviše udaljena. Kad se avion koji leti nadzvučnom brzinom približava, motrilac ga vidi, ali ne čuje. Njegovu će tutnjavu čuti tek pošto je avion već preko njega preletio.

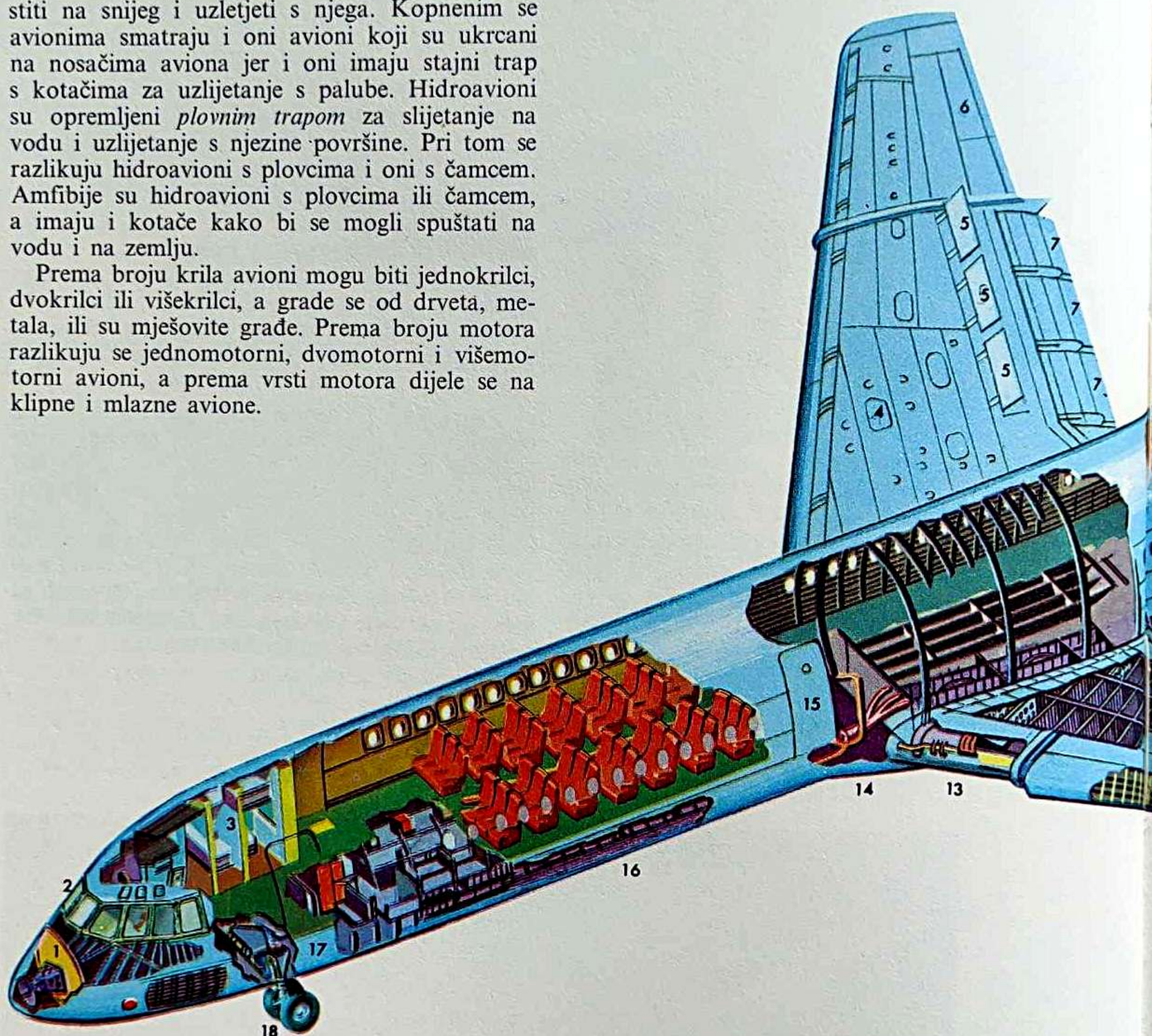
Kad se avion, koji leti nadzvučnom brzinom, približava motriocu, on ga vidi ali ne čuje. Tek pošto avion preleti preko motrioca, on začuje dva uzastopna jaka praska, koji nastaju od naglog poremećaja atmosferskog tlaka. Nadzvučni avion zbija zrak ispred krila, stvaraju se zvučni vrtlozi i zbijeni zvučni valovi, koji su jaka i opasna zvučna prepreka. Odatle i naziv »zvučna barijera« ili »zvučni zid«. Za niska leta od praska pucaju i stakla na prozorima kuća



OPIS AVIONA

Moderni se avioni dijele na kopnene avione, hidroavione i amfibije. Kopneni avioni su opremljeni *stajnim trapom*, tj. nogama s kotačima za slijetanje na zemlju i kretanje po uzletištu. Ako se kotači zamijene skijama, avion se može spustiti na snijeg i uzletjeti s njega. Kopnenim se avionima smatraju i oni avioni koji su ukrcani na nosačima aviona jer i oni imaju stajni trap s kotačima za uzlijetanje s palube. Hidroavioni su opremljeni *plovnim trapom* za slijetanje na vodu i uzlijetanje s njezine površine. Pri tom se razlikuju hidroavioni s plovcima i oni s čamcem. Amfibije su hidroavioni s plovcima ili čamcem, a imaju i kotače kako bi se mogli spuštati na vodu i na zemlju.

Prema broju krila avioni mogu biti jednokrilci, dvokrilci ili višekrilci, a grade se od drveta, metala, ili su mješovite građe. Prema broju motora razlikuju se jednomotorni, dvomotorni i višemotorni avioni, a prema vrsti motora dijele se na klipne i mlazne avione.

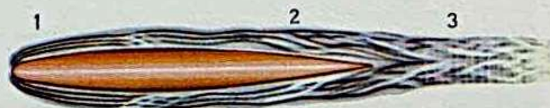


Trup aviona je središnji dio u kojem su prostorije za posadu, putnike i teret. Trup povezuje krila s repom aviona. Kod većine jednomotornih aviona klipni motor je u prednjem dijelu trupa ili mnogo rjeđe u sredini. Mlazni motor uvijek je u stražnjem dijelu, pa zbog toga avioni na mlazni pogon imaju mnogo prednosti: pilotska kabina je u nosu aviona odakle je bolja preglednost, prednjem dijelu trupa može se dati povoljniji aerodinamični oblik, avion može biti niži jer nema elise koja mora biti dosta visoko da svojim krakovima ne udari u zemlju. Time što je avion niži, mnogo je i lakši.

Mlazni motori troše mnogo goriva, i potrebne su im velike količine zraka. Zbog toga su im trupovi duži i širi kako bi se u njih mogli smjestiti što veći rezervoari za gorivo i široki kanali za prolazak zraka. Rezervoari za gorivo uvijek su smješteni blizu težišta da se avionu s potrošnjom goriva ne bi mijenjala aerodinamička svojstva.

Trup mora biti čvrst da pri uzlijetanju izdrži silu tromosti, pri slijetanju i vožnji po zemlji

Nacrt (rastvoren) putničkog aviona »Vickers VC-10« za duge pruge, strelastih krila, pod kutom od 32°, raspon 42,72 m. Duljina 48,36 m, težina pri uzletu 141 000 kg. Četiri dvoprotočna motora »Rolls-Royce Conway RCo 43D« od 10 205 kp. Dolet 11 000 km, putna brzina 915 km na sat. Hermetizirana kabina s kondicioniranim zrakom za 135 putnika u redovima po 6. Dva spremišta za prtljag trostruki stajni trap: 1. radar, 2. prostor za kapetana i pilote, 3. navigacijska i radio-kabina, 4. krilni otvor za nadopunu goriva, 5. aerodinamičke kočnice, 6. tab u krilcu, 7. zakrilca, 8. visinska kormila s tabovima, 9. usmjerno kormilo s tabom, 10. slivnik, 11. sapnice (mlaznice) motora, 12. četiri mlazna motora, 13. grijala prednjih krilnih bridova, 14. glavni vodovi i kabeli, 15. srednja vrata, 16. dvodno, skladišta prtljaga i pošte, 17. prednja vrata, 18. trap



Gibanje zraka duž aerodinamičkog tijela: 1. slojevito (laminarno) gibanje, 2. uzburkano (turbulentno) gibanje, 3. rep uzvrtloženog zraka (vrtložna brazda)

udarce kotača o stazu, a da za vrijeme leta može odoljeti silama što ih na nj prenose krmila, krila te vuča i obrtni moment motora. Na mjestima gdje se pričvršćuje motor, trup mlaznog motora je ojačan, a zbog osiguranja od požara izoliran je vatrostalnim materijalom (azbestnim pločama). Ponekad se pojačava donji dio trupa kako bi se avion u slučaju potrebe mogao spustiti s uvučenim trapom. Neki lovački mlazni avioni nakon uzleta odbacuju trap kako im ne bi smanjivao brzinu, a spuštaju se na zemlju s pomoću sanjki.

Krilo je plosnate konstrukcije, pa svojom površinom pri gibanju kroz zrak stvara uzgon, tj. nosi avion, a daje mu i stabilnost. U presjeku krilo ima oblik koji pruža najmanje otpora pri kretanju kroz zrak. Najpogodniji je onaj oblik što ga dobiva kapljica kiše koja pada iz visine. Kapljice vode dok lebde u oblacima imaju oblik kuglica. Kad se takva vodena kuglica poveća i postane teža, počne padati kroz zrak koji joj pruža otpor i zadržava je. Ispred kuglice zrak se razdvaja, a iza nje se stvaraju zračni vrtlozi.

Zbog toga se vodenoj kuglici brzo mijenja oblik sve dok se ona ne izduži i dok sprijeda ne postane deblja, a straga sve tanja. Tako nastaje poznati oblik kaplje koji se zove i *aerodinamičan oblik* tijela.

Kad se tijelo aerodinamična oblika kreće malom brzinom, zrak se uz njegovu površinu giba *slojevito* (laminarno), tj. u međusobno usporednim slojevima. Ako se takvo tijelo giba većom brzinom, zrak se uz površinu tijela sve više uznemiruje, pa se nešto iza prednjeg oblog dijela stvara *uzburkano* (turbulentno) *gibanje*, a iza tijela ostaju vrtlozi kao neki rep, koji se zove *brazda*.

Krila prvih aviona bila su tanka i svijena kao u ptica. Kasnije se ustanovilo da krila pružaju manji otpor ako se izrade tako da im presjek (profil) ima oblik svijene kaplje. Takav se oblik presjeka zove *aeroprofil*. Stoga su krila modernog aviona sprijeda zaobljena, a straga sve uža. S gornje strane su jače izbočena, a s donje manje tako da im je donja ploha gotovo ravna.

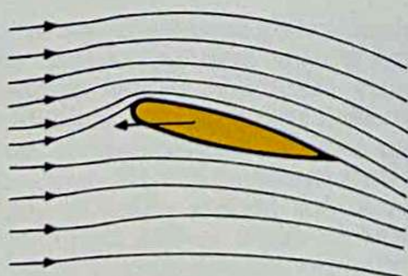
BLÉRIOT 1909.

CLARK Y 1922.

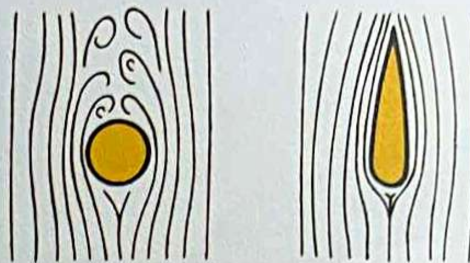
NACA 65 1945.

Postepeno usavršavanje presjeka (aeroprofila) avionskog krila

Kad se krilo takva oblika giba kroz zrak u kosom položaju velikom brzinom, zračne čestice se ispod njega zbijaju, smanjuje im se brzina, a povećava se tlak, koji pritišće krilo odozdo i podiže ga uvis. Zračne čestice koje prolaze povrh gornje ispupčene strane krila obilaze njegovu izbočenu površinu, struje dužim putem duž gornje plohe znatno većom brzinom. Kako se povećanjem brzine smanjuje tlak, on postaje mnogo manji nego što je zračni tlak podalje od aviona. Prema tome, na krilo aviona u letu djeluju dvije sile: tlak ispod krila i praznina iznad njega. Tlak ga odozdo podiže, a praznina kao da ga odozgo usisava prema gore, i to znatno većom snagom.

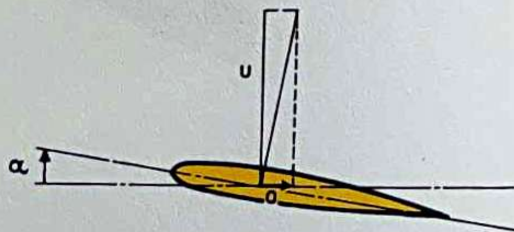


Strujanje zračnih čestica oko presjeka avionskog krila (aeroprofila), kad avion leti nagnutih krila pod pozitivnim napadnim kutom

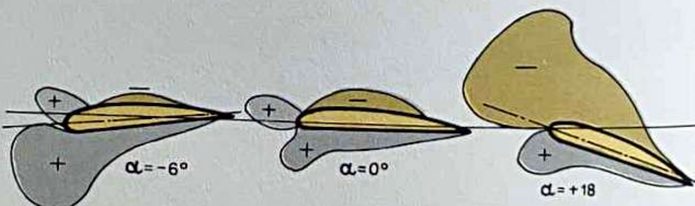


Oko kugle u padu stvaraju se vrtlozi koji usporavaju padanje. Tijelo u obliku kaplje pada brže, jer zrak struji mirnije, bez vrtloga

Te dvije sile zajedno nazivaju se *uzgon*. Avion može uzletjeti samo ako je uzgon veći od teže, a to je onda ako je porivna ili vučna snaga motora veća od zračnog čeonog otpora koji djeluje prema natrag i zadržava avion. Naravno je da pri letu pilot mora usmjeriti avion tako da mu krila budu nagnuta prema gore kako bi s vodoravnom ravninom zatvarala pogodan *napadni kut*. Ako pilot nagne avion nosom prema dolje tako da krila dođu u vodoravan položaj (napadni kut ravan ništici), avion će se spuštati. Ako još većim nagibom aviona dade krilima negativan napadni kut, avion će se strmoglavo obrušavati koso prema zemlji.



Tlak zraka na krilo aviona, koji leti pod pozitivnim napadnim kutom može se podijeliti u dvije komponente: uzgon »U« i otpor krila »O«

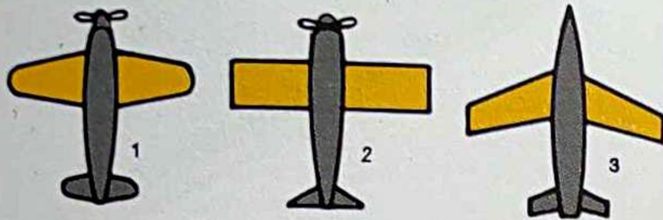


Tlak (+) i usis (—) duž oboda avionskog krila dobivaju se mjerenjem sila ili mjerenjem tlakova pri različitim napadnim kutovima krila

Osnovni oblik krila gledanih odozgo sličan je pravokutniku. Aerodinamički je najpogodnije eliptično krilo, ali ga je teško izraditi da bude dovoljno čvrsto. Stoga se danas krila grade u obliku strijele, a nadzvučni avioni imaju deltast oblik koji se tako zove po obliku grčkog slova delta (Δ).

Tehnički je važan uvjet da krilo bude čvrsto. Ono je pojačano jednom ramenjačom ili sa više jakih uzdužnih ramenjača od čelika ili tvrda aluminija. Preko ramenjača ili između njih postavljaju se poprečna rebra, a preko rebara namješta

se vanjska oplata od platna, drva, plastične mase ili metala. Na velikim avionima oplata je metalna jer je najčvršća, otporna je protiv nevremena i visokih temperatura, ona je i glatka.



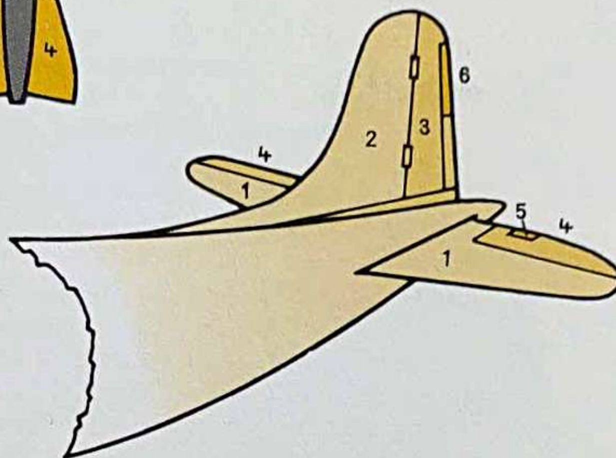


Različiti oblici krila gledani odozgo: 1. eliptično, 2. četverokutno, 3. krilo u obliku strijele, 4. deltasto krilo nadzvučnih aviona

Rep je sastavljen od stabilizatora i krmila. *Stabilizatori* su nepokretne plohe na repu koje povećavaju stabilnost aviona u zraku jer ga drže u normalnom položaju. Avion ima vodoravni i uspravni stabilizator. Prvi drži rep u vodoravnu položaju i suprotstavlja se teži koja povlači rep prema dolje. Kad avion ne bi imao vodoravna stabilizatora, rep bi se spuštao, a nos aviona dizao. Krmilo bi tada moralo stajati iskrenuto uvijek prema dolje. Uspravni stabilizator stoji okomito na vodoravnom stabilizatoru i suprotstavlja se silama koje avion zakreću.

Iza stabilizatora smještena su krmila, i to vodoravno *visinsko krmilo* koje služi za dizanje i spuštanje nosa i uspravno *usmjerno krmilo* (krmilo pravca) koje služi za upravljanje avionom u određenu smjeru i za okretanje desno-lijevo. Visinsko krmilo pomiče se gore-dolje privlačenjem ili potiskivanjem komandne palice, tj. pomicanjem palice naprijed ili natrag. Usmjerno krmilo okreće se desno ili lijevo nožnom polugom ili volanom, kojim se može okretati čitava palica. Međutim, kad pilot želi avion okrenuti na neku stranu, mora ga uvijek i nagnuti na tu stranu, a to čini krilcima.

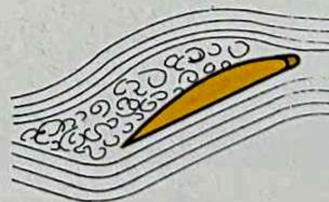
Krilca su uski i dugi gibljivi dijelovi stražnjeg ruba desnog i lijevog avionskog krila. Ona se iskreću gore i dolje oko vodoravne osovine, a spojena su s komandnom palicom s pomoću čeličnih žica tako da se jedno podiže kad se drugo spušta. Ako se komandna palica pomiče udesno, desno se krilce podiže, a lijevo spušta, i avion se nagne na desnu stranu. Ako se komandna palica pomakne ulijevo, avion se naginje na lijevu stranu. Kad se palica pomiče desno-lijevo, avion se ljulja s jednog krila na drugo. Pri okretanju avion se mora nagnuti na stranu zato da se uzdignutim krilom odupre djelovanju centrifugalne sile; drugo je krilo tada vodoravno, uzgon mu je veći, jače podiže nagnutu stranu, pa ako se ispusti palica, ono samo izravnava avion.



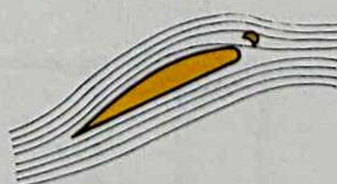
Rep aviona: 1. vodoravni stabilizatori, 2. uspravni stabilizatori, 3. usmjerno krmilo, 4. visinska krmila, 5. vodoravni tabovi, 6. uspravni tab

Tabovi. Svaki avion ima s obje strane krila još posebna mala krilca koja se zovu tabovi. Ona su smještena na krajevima krmila i krilaca, a služe za *trimovanje* (od engl. trim = uravnoteženje) aviona. Nepomičnim tabovima, tzv. *stalnim trimerima*, koji se mogu okretati samo dok je avion na zemlji, ispravljaju se stalni zakretni momenti što ih stvaraju elisa i motor, a i nepravilnosti u gradnji desnog i lijevog krila. *Pomičnim tabovima* (pomičnim trimerima) smanjuju se sile koje podižu, spuštaju ili zakreću avion, pa ih pilot mora neprekidno ispravljati komandnom palicom pri ravnu letu. Pomične tabove pilot iskreće za vrijeme leta na jednu ili drugu stranu sve dotle dok avion ne leti ravno i bez upravljanja palicom. Kad je avion tako trimovan, pomični se tabovi učvrste i više se ne pomiču.

Pri vrlo strmom propinjanju aviona uvijek se stvaraju snažni vrtlozi, koji smanjuju usis, a time i silu uzgona avionskog krila



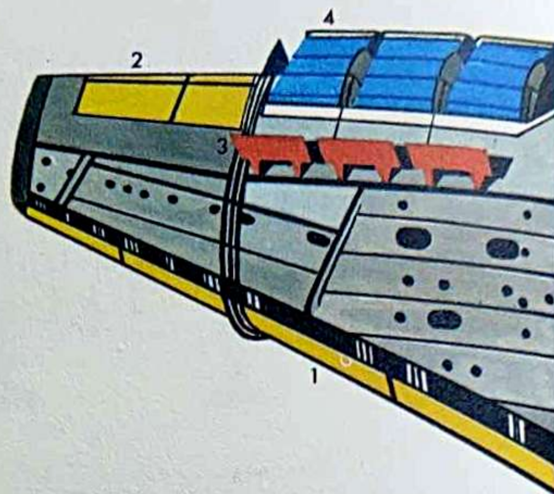
Kad se ispred krila istaknu pretkrilca, poboljšava se strujanje zraka, pojačava se usis, a time se znatno povećava i uzgon krila



Fletneri su mala krmila na visinskom i usmjernom krmilu i mala krilca na desnom i lijevom krilcu. Ova se vrst tabova naziva po njihovu izumiocu *Antonu Flettneru.* Flettnerova krilca ili skraćeno fletneri tako su namješteni i povezani žicama da se uvijek iskrenu na protivnu stranu od krmila ili krilaca na kojima su namješteni, pa svojim tlakom pomažu pilotu okretati krmila ili krilca. Kad pilot okreće visinsko krmilo prema gore, fletneri se okreću prema dolje. Zrak tada tlači krmilo odozgo, a fletnere odozdo, pa će pilot s manje napora okretati krmilo. Fletneri imaju, doduše, malu površinu prema površini krmila ili krilaca, ali djelovanje im je ipak jako jer su smješteni na stražnjem rubu krmila ili krilaca, daleko od osovine oko koje se krmila i krilca okreću.

Pretkrilca (engl. slat, č. slet) imaju poneki avioni na prednjim rubovima krila. Ona poboljšavaju strujanje zraka oko prednjeg ruba krila kad se avion, npr. mlazni lovac, vrlo strmo propinje, pa time povećavaju uzgon. Razlikuju se kruta pretkrilca koja su tako spojena s krilom da se ono doimlje kao da je u njemu izrađen procijep. Pomična su pretkrilca tako izrađena da se odvajaju od prednjeg ruba krila i ostavljaju iza sebe uski kanal kad se avion strmo propinje. Ali kad avion leti vodoravno i kad se spušta, ona se sama posve priljube uz čelo krila.

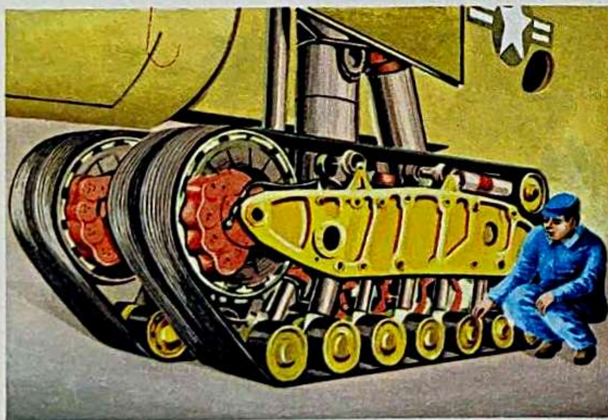
Zakrilca (engl. flap, č. flep) su pomoćna krilca na stražnjem rubu krila, koja se na obje strane spuste istodobno prema dolje kad treba pri uzlijetanju i slijetanju aviona povećati uzgon. Kad avion uzleti i leti normalno, zakrilca se podignu i uravnaju s krilima.



Krajnji dio desnog (metalnog) krila modernog putničkog aviona: 1. pretkrilca, 2. krilce, 3. aerodinamičke kočnice, 4. zakrilca (flapovi)

Aerodinamične kočnice se upotrebljavaju za povećanje otpora u letu, tj. kao zračne kočnice. Nužno su potrebne na mlaznim avionima kako bi im se smanjila brzina pri obrušavanju, a u slučaju potrebe i pri vodoravnu letu. Najčešće se upotrebljavaju na avionima s turbo-mlaznim motorima koji vrlo sporo ubrzavaju okretanje motora, tj. sporo povećavaju snagu, pa pri slijetanju moraju raditi većom snagom motora kako bi u slučaju neuspjela pristajanja na zemlju mogli nastaviti let. Kad nisu potrebne, kočnice se uvuku u trup ili u krila.



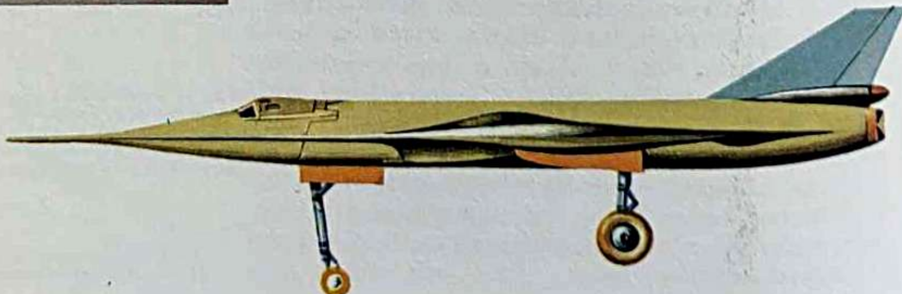


Gore: prednji se kotač najprije zakrene, a zatim preklopi unatrag

Lijevo: veliki gusjenični stajni trap teškog transportnog aviona

Dolje: stajni trap aviona tricikla »Bristol 221«. Čelični se kotač uvlači prema natrag, a stražnja se dva kotača sklapaju poprečno





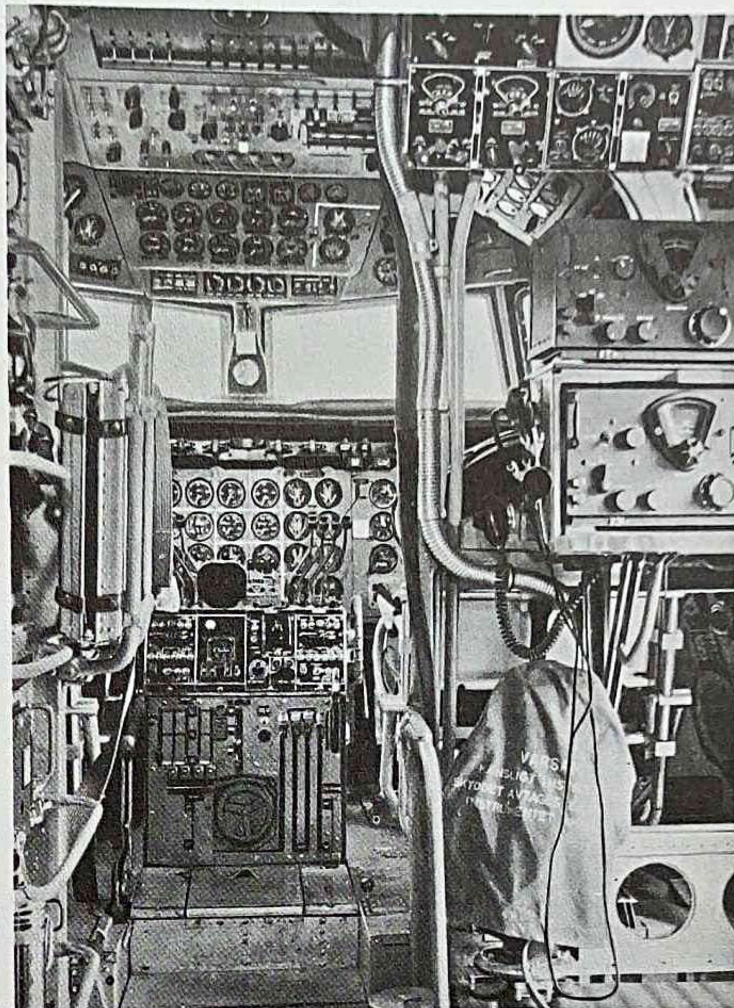
Stajni trap je uređaj na kojem avion leži kad se nalazi na zemlji. Na njemu se kreće po tlu i uzlijeće, a kod slijetanja njime koči zalet i zaustavlja se. Prvi avioni braće Wright imali su obične klizače koji su naličili saonicama. Kasnije su se izrađivali stajni trapovi sa dva kotača i *drljačom* ispod kraja trupa. Oba kotača bila su tada nataknuta na zajedničku osovinu. Kako tadašnji kotači nisu imali kočnica, za kočenje se upotrebljavala samo drljača. Ona je bila dovoljna jer su avioni još vozili po zemlji malom brzinom i bili su laki. Kad su avioni postali teži i brži, uveden je stajni trap s poluosovinama, a kotači su postali međusobno nezavisni. Manevriranje je na zemlji otad olakšano, jer se avion može brzo okretati kočenjem samo jednog kotača.

Prve kočnice na kotačima uvedene su 1933, a upotrebljavaju se pri slijetanju da se smanji brzina vožnje po zemlji i tako skrati voženje po stazi. Nešto kasnije zamijenjena je drljača trećim repnim kotačem.

Godine 1930. počeli su se upotrebljavati samostalni kotači koji su se mogli uvući u krilo tako da se smanji otpor za vrijeme leta. Oko 1938. uveden je tzv. *avion tricikl* sa dva glavna kotača i trećim kotačem ispod nosa. Prednosti su prednjeg kotača: veća stabilnost, bolja pokretljivost i mogućnost jakog kočenja na zemlji bez opasnosti da će avion posrnuti na nos. Na vrlo teškim avionima upotrebljavaju se umjesto kotača s gumama gusjenične trake.

U nogama modernog stajnog trapa nalaze se hidraulički *amortizeri* (ublaživači). Oni su najpogodniji jer se nakon sabijanja kad avion udari o zemlju ne vraćaju velikom snagom kao amortizeri s oprugama koji odbacuju avion uvis.

Avionski instrumenti služe posadi za upravljanje avionom i za kontrolu leta. Smješteni su u pilotskoj kabini i raspoređeni po utvrđenu redu. U velikim avionima s više članova posade instrumenti za kontrolu rada motora smješteni su na posebnoj ploči ispred mehaničara. Ti instrumenti pokazuju broj okretaja motora, temperaturu i tlak ulja, temperaturu rashladne tekućine i cilindara, potrošak i tlak goriva, pritisak pri punjenju motora gorivom i temperaturu mlaza na mlaznim avionima. Na istoj su ploči uređaji za kontrolu zalihe goriva, položaja stajnog trapa i zakrilaca te mnogi drugi kontrolni i signalni instrumenti. Na ploči ispred pilota nalaze se instrumenti za kontrolu leta. Oni pokazuju uzdužni i poprečni nagib, visinu i brzinu leta, položaj aviona prema zemlji, brzinu uzdizanja i poniranja, smjer leta (kurs), skretanje, zanošenje itd. Iako se instrumenti za kontrolu leta razlikuju od brodskih instrumenata za kontrolu plovidbe, ipak su neki avionski instrumenti slični brodskim (kompas, radio-goniometar, sekstant, radar itd.) jer se temelje na istom principu.

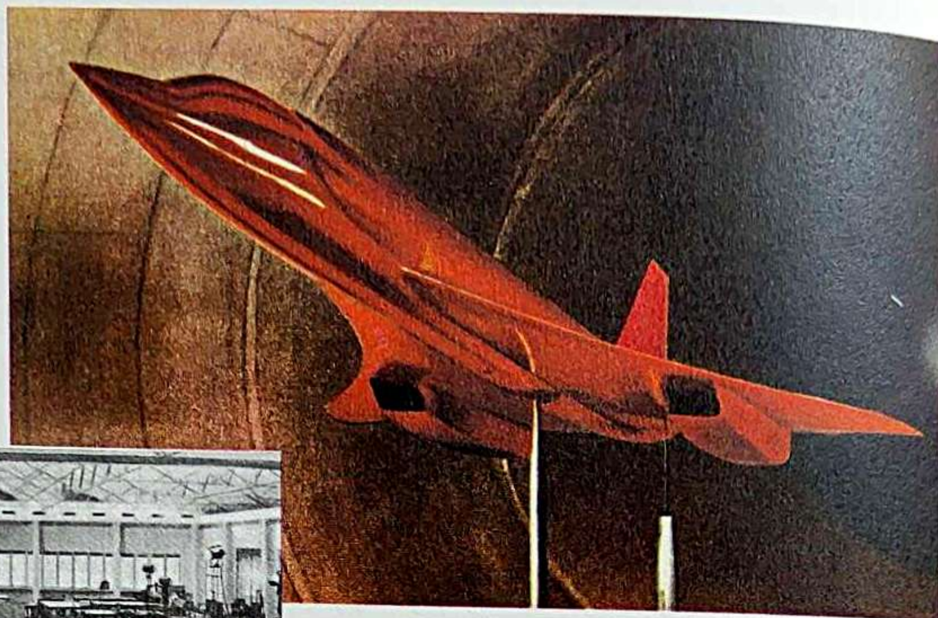


Pogled iz radio-kabine na pult avionskog mehaničara i dio desnog pilotskog sjedišta s upravljačkim uređajima i kontrolnim instrumentima na putničkom četveromotornom turbo-elisnom avionu iz 1956.

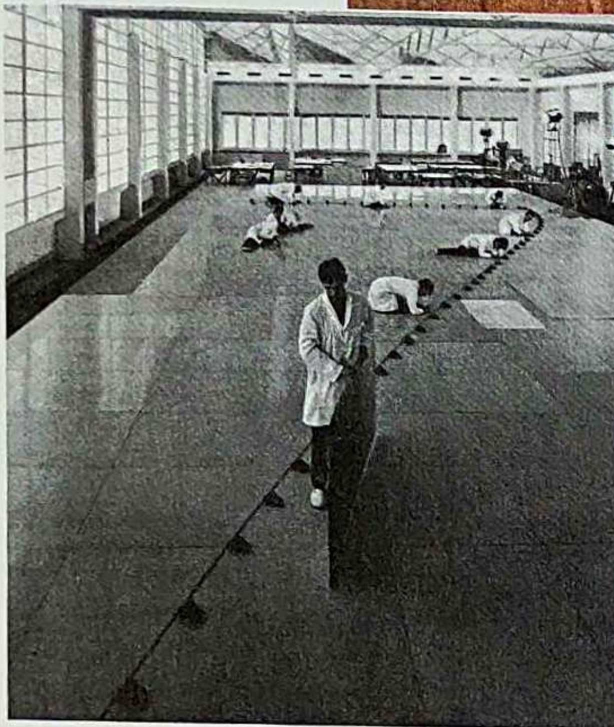
Kad se promatra avion izvana, mogu se opaziti duge uske cijevi što strše daleko naprijed iz trupa ili krila. To su *Pitotove cijevi* brzinomjera nazvane po francuskom fizičaru *Henryju Pitotu* (Pitou). Njima se mjeri dinamički tlak zraka u gibanju. Uska cijev okrenuta je otvorom nasuprot strujanju zraka. Što je brzina aviona veća, to i zrak prodire u cijev većom snagom i protječe većom brzinom. U drugoj cijevi koja stoji okomito na prvoj mjeri se statički tlak, a time i brzina aviona. Pitotova cijev mora biti tako duga i toliko istaknuta ispred aviona da joj se otvor ne nalazi u zračnoj praznini ili u zbijenu zraku pokraj avionskog trupa ili krila. Oko Pitotove cijevi izrađen je električni grijač da se njezin otvor u velikoj visini atmosfere ne smrzne.

Projektiranje aviona. Prve avione konstruirali su graditelji amateri bez osobitih proračuna. Za razliku od tih aviona koji su bili sastavljeni od oko dvije stotine čeličnih, drvenih i platnenih dijelova, moderni avioni imaju više stotina tisuća vrlo složenih proizvoda avionske industrije. Nije lak posao sve to konstruirati, izraditi i sastaviti.

Ispitivanje u aerodinamičkom tunelu, modela prvog putničkog nadzvučnog aviona »Concorde«, koji se gradio uz suradnju svih francuskih i britanskih tvornica



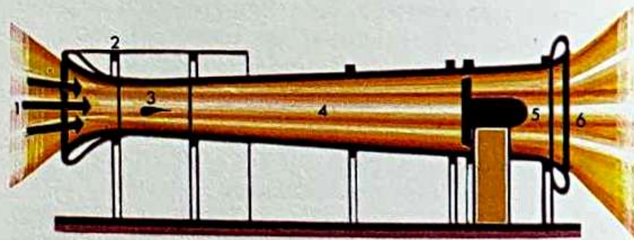
Trasiranje (u naravnoj veličini) na podu prostrane crtare, jednog dijela krila za britansko-francuski avion »Concorde«



Prije nego se pristupi projektiranju aviona treba imati na umu da od prve zamisli konstruktora pa do izradbe velikog putničkog aviona u seriji prođe ponekad do 5 pa i 10 godina.

Na temelju zamisli izrađuje se najprije *idejni projekt* u kojemu konstruktor mora rješavati posve složene i oprečne zadatke, jer avion treba da bude što lakši i uz to što čvršći i brži. Međutim, čvrstoća zahtijeva tešku konstrukciju, a brzina jak i težak motor. Pri izradbi idejnog projekta vrše se mnogi proračuni, izrađuju se pojedini dijelovi koji se ispituju u radionicama, institutima i u osobitim tunelima. Zatim se izračunava težina svakoga pojedinog dijela, a zbrajanjem svih težina dobiva se *ukupna težina* aviona. Napokon se izračunavaju njegov *uzgon* i *nosivost*. Danas lovački jednosjedi nose težinu koja se kreće oko 25% ukupne težine aviona. Sportski, turistički i školski avioni nose oko 36%, a putnički oko 40% ukupne težine u letu. Prema tome moderni avioni teže prazni 60—75% od ukupne težine kad su opterećeni u letu. Iz toga se vidi od kolike je važnosti da avion bude što lakši kako bi mu se povećala nosivost.

Nakon proračuna težine i nosivosti izračunava se stabilnost aviona. Poslije toga izrađuje se *model* i ispituje u aerodinamičnom tunelu, a na temelju rezultata dobivenih tim ispitivanjem počinje se izrađivati *građevni projekt*, pri čemu se razrađuje *prototip*, tj. prvi avion tog tipa. Pošto se i čitav avion ispita u aerodinamičnom tunelu, nastavlja se provjeravanje njegovih svojstava na zemlji, pa tek tada iskusni tvornički piloti vrše prve letove. Ako sva ispitivanja uspiju, izrađuje se pokusna serija od nekoliko takvih aviona koji se iskušavaju u službi. Pošto se isprave svi zamijećeni nedostaci, prototip se ispravlja i tek tada otpočinje serijska proizvodnja.

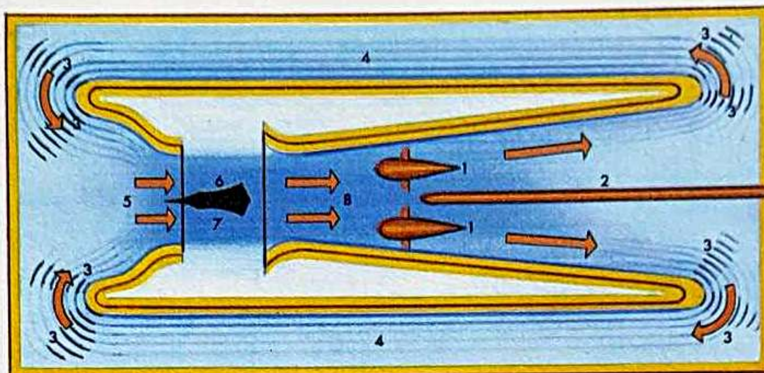


Otvoreni aerodinamički tunel za ispitivanje avionskih dijelova: 1. usis, 2. kolektor, 3. radni prostor, 4. difuzor, 5. ventilator, 6. ispuh

Aerodinamički tunel je cijev velikog promjera u kojoj se namjesti i učvrsti model ili čitav avion, a zatim se kroz cijev s pomoću ventilatora tjera zrak velikom, često i nadzvučnom brzinom, pa se na taj način ispituju svojstva aviona. Nepomičan avion izložen je u pomičnom zraku u tunelu jednakim naprezanjima kao avion kad leti kroz nepomičan zrak u atmosferi. Sva se naprezanja i sile što djeluju na avion mjere posebnim instrumentima s pomoću *aerodinamičke vage*.

Prvi uređaj za mjerenje otpora u umjetno stvorenoj zračnoj struji izrađen je 1871. u Londonu. Drugi poboljšani tunel izradio je 1884. *Horatio Phillips* (Horejšo Filips). Zrak se tlačio u rezervoar, a iz njega se ispuštao u trenutku ispitivanja modela. Prvi tunel s kolektorom i difuzorom izgradio je 1909. Francuz *Alexandre Eifel* (Efel). Danas se grade dvije vrste tunela: otvoreni i zatvoreni (povratni).

Avionu, koji je pričvršćen u radnom prostoru tunela, mjere se s pomoću posebne vage: čeoni otpor, uzgon, nosivost, bočne sile te momenti ljuljanja, propinjanja, poniranja i skretanja. Rad osoblja koje ispituje modele vrlo je naporan jer u tunelu vlada visok tlak. Iskustvo je pokazalo da samo 15% ljudi može izdržati takav napor iako je ispitivanje ograničeno samo na 2 sata na dan.



Zatvoreni povratni aerodinamički tunel za ispitivanje aviona i avionskih dijelova u naravnoj veličini, u Langley Fieldu (Lengli Fildu) u Sjedinjenim Američkim Državama: 1. ventilatori, 2. razdvojna pregrada, 3. skretne lopatice, 4. povratni kanal, 5. kolektor, 6 radni prostor s mjernim uređajima, 7. avion na ispitivanju, 8. difuzor

Mjerenje vibracija na krajevima krakova avionske elise, u tunelu tvornice aviona »De Havilland« u Hatfieldu (šira okolica Londona), gdje je u posljednje vrijeme sagrađeno mnogo novih tvornica elektronske i avionske opreme. Radi sigurnosti avionske elise moraju biti uravnotežene i pravilne, tako da pri obrtanju ne vibriraju

Otvoreni tunel. U takav tunel zrak ulazi kroz *kolektor* (skupljač) iz atmosfere jer ga usisava snažan ventilator. Kako kolektorska cijev prema unutrašnjosti postaje sve uža, zrak protječe kroz nju sve brže. Kroz radni prostor gdje se namjesti i ispituje avion zrak juri najvećom ali stalnom brzinom jer je i promjer tog prostora stalan. Iza radnog prostora nalazi se difuzor koji se postepeno širi. Na njegovom je kraju *ventilator* koji usisani zrak izbacuje u atmosferu.

Zatvoren aerodinamički tunel izrađen je tako da se zrak izbačen ventilatorom iz difuzora vraća pobočnim kanalima natrag u kolektor. Prednost je takva tunela da zrak dolazi do kolektora većom brzinom jer neprekidno juri u zatvorenu krugu, i što djelovanje tunela ne zavisi o vanjskim atmosferskim prilikama.

MODERNI PUTNIČKI AVIONI

Za povećanje udobnosti putničkih aviona najviše je zaslužan američki konstruktor *Donald Douglas* (Daglas). Da bi što bolje ispitao kako se osjećaju putnici u avionima, on je 1928. poslao jednog svog inženjera s Fordovim tromotornim avionom na putovanje preko američkog kontinenta. Inženjer je putovao kao običan putnik, a vratio se poslije deset dana blijed i iznemogao vlakom. Njegovi su se utisci jedva mogli čitati jer ih je pisao u bilježnicu dok se avion strahovito tresao, propinjao, propadao i bacao. On opisuje da se ekspresni avion morao 12 puta spustiti da bi dopunio gorivo. Nije bio sposoban da se uzdigne povrh olujnih oblaka, morao se često spuštati i držati se točnog voznog reda već i zbog pošte koja je plaćala najbolju prevozninu. Veoma je teško izdržati trideset sati posrtanja, propadanja i udaranja uz škripu koja uzbuđuje i posve iscrpljuje putnika, jer su u takvim prilikama živci do krajnosti napeti. Putnici su cvokotali zubima od trešnje, a buka je bila takva da su morali začepiti uši vatom. Nije se moglo razgovarati drukčije nego motrenjem usana i sporazumijevati se znakovima koje su davali rukama kao gluhonijemi. Kabina je bila hladna, a na većoj visini noge su se smrzavale.

Sjedišta su bila prava mučilišta. Nužnik je u avionskom repu bio tako malen da se čovjek jedva mogao uvući u nj.

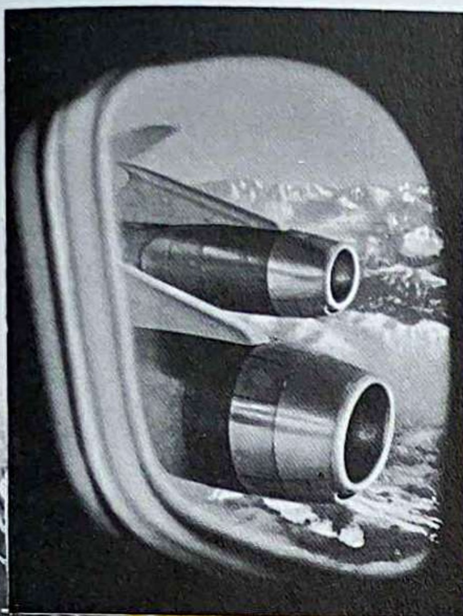
Douglas je odlučio temeljito poboljšati udobnost na putničkim avionima. God. 1932. izgradio je avion *Douglas Commercial* (Komeršl; skraćeno ime *DC 1*) koji je zbog povećanja udobnosti težio 7500 kg više. Svi su se pitali hoće li motori podići tako opterećen avion s nepotrebnom raskoši. Međutim, avion je s lakoćom uzletio. Uskoro je izradio drugi poboljšani avion, a s trećim tipom *DC 3* počinje doba udobnih zračnih putovanja. Na tom se avionu udobni i meki naslonjači mogu ugađati za sjedenje i spavanje, kabina je dobro izolirana od buke i uređena da se može grijati i hladiti. U nužniku se nalazi tekuća voda, pa i električna utičnica za brijaći aparat.

Let preko Grenlanda. Dvadeset i sedam godina poslije Lindberghovog leta i Douglasovih priprema za gradnju putničkih aviona, tj. 12. XI 1954, bio je u 20 sati 10 min. spreman za uzlet na aerodromu u Københavnu u Danskoj golem putnički avion tipa *Douglas DC 6 B*. Pripadao je društvu SAS (Skandinavski aerolinijski sistem). Svi avioni tog društva nose imena čuvenih Vikinga, pa se i taj zvao Helge Viking.

Zvučnik je zazujao, i u aerodromskom salonu se začuo poziv: »Ugledni putnici za Los Angeles neka izvole ući u avion.« Golema srebrna ptica stajala je nepomično pred izlazom iz aerodromske zgrade. Uz nju su bile prislonjene pomične stepenice pokrivene modrim sagom. Povorka od 33 putnika išla je prema stepenicama i svečano ispraćena ulazila u avion. Prvi su ušli jedan danski princ i ministri predsjednici Švedske, Danske i Norveške, a za njima nekoliko članova društvene uprave i novinari. Na ulazu su ih dočekali kapetan aviona u modroj odori sa zlatnim širitima oko rukava i dvije *stjuardese* (domaćice) s modrim kapicama i snježnobijelim ovratnicima. Gosti su sjeli u udobne naslonjače i kroz okna su mahali prijateljima koji su ostali na uzletištu. Glavni se pilot predstavio gostima i sjeo u svoju kabinu. Radio-telegrafist je javio da je odlazak dopušten i slobodan. Pilot je uputio jedan po jedan motor i iskušavao njihov rad. Kad su sva četiri motora tako iskušana, povećao im je brzinu i po zemlji poveo avion do duge staze uzletišta. Tu je čvrsto pritegnuo kočnice i ponovno sve motore iskušao u radu svom snagom. Drugi pilot i mehaničar pregledavali su stotinu različnih kazaljki, brojčanika, ljestvica, žaruljica, dugmeta i poluga. Kapetan je pratio njihov rad, a oni su mu rukom i pogledom javljali ispravnost svih uređaja. Nato je kapetan telefonom upitao radio-telegrafistu da li je sve u redu, a on mu je odgovorio da je sve ispravno, da je veza u redu i polazak odobren. Na prednjoj stijeni putničkog salona vidio se svijetlećim slovima ispisan natpis: »Molimo ne pušite, privežite se!« Stjuardese su obilazile putnike i pomagale im da se opašu sigurnosnim pojasima koji bi ih pridržali uz sjedište u slučaju neke nezgode. Motori su složno i gromovito zatutnjili, i avion se počeo kretati po



Britanski putnički avion »De Havilland DH 106, Comet IV«. Potomak prvog civilnog aviona na mlazni pogon. Četiri reaktora Rolls-Royce, putna brzina 872 km na sat, dolet 4200 km, vrhunac 10 000 m, cijena oko sedam milijuna dinara. Neposredno nakon dovršenja kupovala su ga društva BEA, BOAC, Aerolineas Argentinas, Olympic Airways i dr. Leti dugim prugama



Lijevo: pogled iz udobne i klimatizirane tople kabine modernog putničkog aviona na snježne i ledene vrleti

Dolje: Skandinavska zajednica SAS (Scandinavian Airlines System), u kojoj su učlanjena društva: švedsko (Swedish Airlines), dansko (Danish Airlines) i norveško (Norvegian Airlines), uspostavila je 12. IX 1954. redovitu putničku avionsku prugu između København u Danskoj i Los Angelesa u Sjedinjenim Američkim Državama. Prugu su održavali četveromotorni elisni avioni »Douglas DC 6 B«. Četiri motora Pratt and Whitney od 2500 KS, putna brzina 450 km na sat, dolet oko 5900 km, 38 sjedišta za putnike prvog razreda ili 80 sjedišta za prijevoz turista. Avioni »DC 6«, serije »B« dovršeni su i uvršteni u redovite pruge 1952. Izrađeno je oko 800 aparata za mnoga civilna putnička avionska društva



stazi sve brže i brže. Asfaltna staza je jurila ispod prozora salona strahovitom brzinom kad se osjetilo kao da je netko blago podigao sjedište sa tla. Golema je srebrna ptica ponosno uzletjela raširenih krila.

U lijepo uređenom salonu bilo je ugodno i toplo. Ugasila su se svijetleća slova s opomenom da se ne puši, i da se putnici privežu, a stjuardese su dvorile putnike različitim pićima. Motori su utihnuli i sad su brujali meko, uspavljujuće. Oživio je razgovor, začuo se zveket čaša i proširio se miris duhana. Prvi putnici na letu preko Arktika odali su počast posebnom zdravicom svim onim pionirima koji su dali svoje iskustvo i sposobnosti pa čak i živote da bi oni sada mogli ovako udobno putovati preko oceana i ledenih prostranstava.

Poslije pola sata ušao je u salon kapetan. Držeći u ruci papir obratio se radosno putnicima: »Javljam vam ugodnu vijest da je jutros u 9 sati krenuo iz Los Angelesa naš Viking blizanac. U njemu su kanadski ministar saobraćaja, nekoliko članova kanadske i američke vlade i 24 novinara. Njihov se Viking sada nalazi blizu grada Winnipega u Americi. Šalju vam pozdrave i žele sretan put. Izračunao sam da ćemo se sresti u zraku negdje iznad istočne obale Grenlanda.« — Stjuardese su pripremale večeru.

U 4 sata ujutro, za mrkle polarne noći, u naselju Angmagsalik, gdje sjeverna polarnica siječe istočnu obalu Grenlanda, gdje su Eskimi spavali pri temperaturi od —5° u svojim igluima sagrađenim od leda, dvije su se rasvijetljene čelične ptice susrele u zraku i kružile iznad nevidljivog naselja. U oba aviona praskali su čepovi na bocama šampanjca, i bežično su izmijenjene zdravice. Nisu se tu pozdravljali samo putnici dvaju aviona nego dva svijeta, divlji Arktik pun opasnosti, tame i neistraženih ledenih prostranstava i napredni svijet tehnike XX stoljeća.

Helge Viking uzdigao se na još veću visinu i u jednom skoku preletio 3000 m visok i nekoliko stotina metara debeo ledeni oklop Grenlanda, te se ujutro spustio u bazu Modri Zapad 8 (Blue West 8, č. Blju Vest ejt), kako Amerićani zovu novi moderni aerodrom na Grenlandu blizu naselja Søndre Strømfjord (Sendre Stremfjord). Dok su mehaničari pregledavali motore i punili tankove benzinom, putnici su se mogli odmarati i doručkovati u »Hotelu k Eskimu«.

Helge Viking je uzletio točno na minutu i nastavio let preko arktičkih ledenih polja i Baffinove Zemlje. Presjekao je Hudsonov zaljev i sjeverni magnetski pol. Preletio je kanadske šume okićene injem i snježne vrhove američkog Stjenjaka (Rocky

Mountains, č. Roki Mauntinz) te se poput orla raširenih krila spuštao prema obali Tihog oceana. Sletio je na aerodrom Los Angeles među palme i zeleno primorsko bilje.

Putnici su 13 200 km prešli za 35 sati putujući udobno i bezbrižno, ugodnije nego na brodu ili u vlaku. Međutim su kapetan i radio-telegrafist imali mnogo posla i briga unatoč najmodernijoj opremi koja je rezultat rada više tisuća izumitelja, radnika i inženjera. Ni geografske karte nisu od velike pomoći blizu pola, gdje se meridijani okreću oko Zemljine osi brže nego ih avion može stići, gdje magnetski kompasi ne pokazuju nijedan smjer jer je magnetski pol ispod aviona i gdje ni radar ne daje pouzdane podatke. Kapetan se morao služiti osobitim usmjernim žiroskopom i zvjezdanim kompasom. Njegov je siguran rad na avionu, gdje su mu povjereni životi putnika i posade, posljedica dugog učenja i više stotina sati navigacije u zraku.

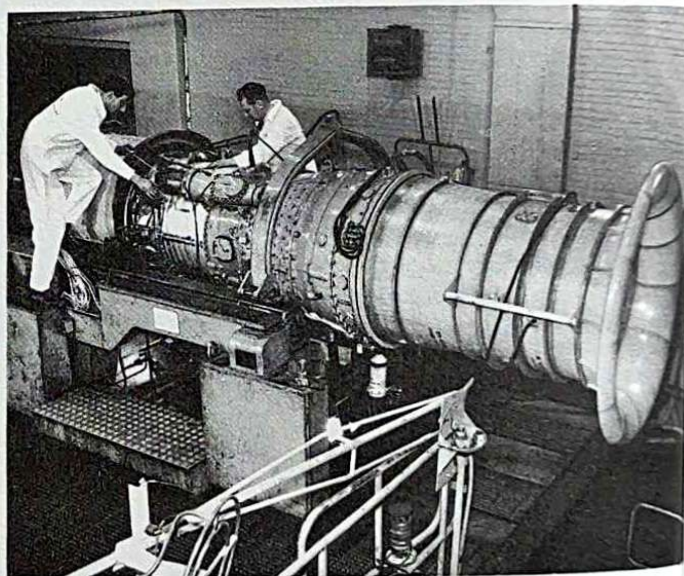
MODERNI PUTNIČKI PROMET

Danas u avionu što ga uzdižu s uzletišta četiri turbo-reaktora brzinom od 1000 km na sat, putnik, zavaljen u udobnu i meku naslonjaču, gotovo i ne osjeća brzinu. U lijepo uređenoj kabini, u umjetnoj atmosferi uvijek jednake i najugodnije temperature, smiren uspavljivim žuborenjem reaktora on više ne misli na opasnost ni na brzinu. Mnoga zrakoplovna društva u međusobnoj konkurenciji ne mame putnike dokazima sigurnosti i brzine, jer je to po sebi već razumljivo, nego ističu samo udobnost.

Unutrašnjost modernog aviona je lijepa i za oko. Obložena je svijetlim i ukusnim presvlakama onih boja što ne zamaraju oči i smanjuju utisak zatvorena prostora i dosade. Na avionima dugih pruga veoma je važna i kuhinja.

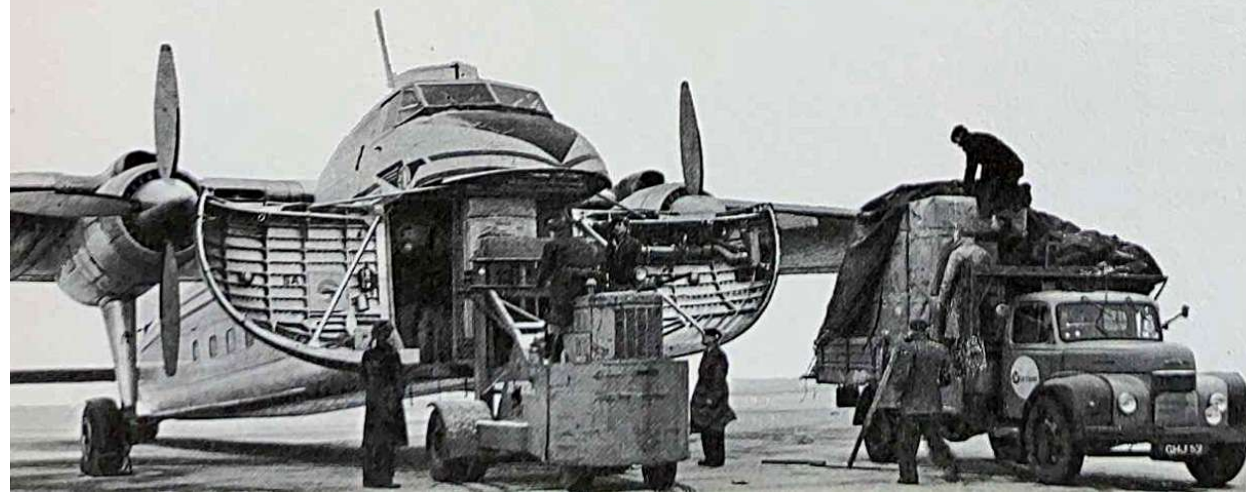
Prvi mlazni putnički avion uveden je u redovitu prugu 26. X 1958. Pokraj 1960. bilo je već 200, a 1962. oko 800 četveromotornih mlaznih gorostasa. Prvi mlazni avioni letjeli su uvijek puni, jer su brzo preoteli putnike avionima s klipnim motorima. Danas, kad ih je već mnogo, ne mogu se ispuniti sva sjedišta za putnike. U međusobnom takmičenju i preotimanju putnika društva su morala snizivati cijene, a prema iskazu *IATA* (Internacionalne avionske transportne udruge) cijene su putnih karata u posljednjih 10 godina pale za 30% unatoč povišenim troškovima za pogon, amortizaciji skupljih aviona i višim plaćama letačkog osoblja. Cijene su se ipak mogle sniziti jer su avioni veći, pa imaju više sjedišta i lete većom brzinom te putovanje traje kraće vrijeme tako da se isti avion može iskoristiti na više pruga.

Sada prosječno svake pola sekunde uzlijeće u svijetu jedan avion, a u svakom trenutku je iznad Atlantskog oceana u zraku najmanje 220 velikih putničkih aviona na redovitim prugama. Svakog dana nalazi se u avionima pola milijuna putnika, a svi putnički avioni u svijetu prelete godišnje oko 3500 milijuna kilometara. To je kao da jedan avion 85 000 puta obleti Zemlju oko ekvatora,



Gore: inženjeri kontroliraju ispravnost montaže dijelova britanskog turbo-reaktora »Olympus BOI-21« s aksijalnim kompresorom od 6 niskotlačnih i 7 visokotlačnih stupnjeva, prstenastim gorištem od 10 komora, turbinom od 1+1 stupanj od 9080 kp potiska. Masa 1726 kg. Ovakvim turbo-reaktorima opremljeni su britanski bombarderi »Avro Vulcan« za nuklearne bombe. Francusko-britanski nadzvučni putnički avioni »Concorde« opremljeni su još jačim turbo-reaktorima s potiskom većim od 16 000 kp

Utovarivanje radio-aparata i televizora viljuškarom kroz otvoreni nos dvomotornog elisnog teretnog aviona



ili kao da leti pet puta od Zemlje do Mjeseca i natrag. Sve ovo pokazuje da su avioni doista osvojili zračna prostranstva, ali iz brojaka se ne vidi koliko teških zadataka moraju rješavati konstruktori aviona i upravo zrakoplovnih društava jer je prenagao tehnički razvoj u posljednjih dvadeset godina izmijenio način gradnje i poremetio sve ekonomske račune.

Uskoro će najmoderniji putnički avioni na prekooceanskim prugama letjeti dva puta brže od brzine širenja zvuka. Oni već sada lete pri svakom vremenu, na velikim visinama, golemim daljinama i natovareni neshvatljivo teškim teretima.

Investicije za nabavu modernih strojeva u tvornicama toliko su velike, da na čitavom svijetu mogu samo dvije države (SSSR i SAD) smoći dovoljno novca za proučavanje, ispitivanje i gradnju nadzvučnih putničkih aviona. Treći tip takvog aviona grade Francuska i Velika Britanija zajedno, ali i one ujedinjenim sredstvima jedva mogu podmiriti pretjerane troškove, stoga je britanska vlada već dva puta gotovo odustala od tog pothvata. Na dalje financijsko naprezanje prisilila ju je samo bojazan, da britanska aeronautička industrija ne spadne u drugi red. Stanje je najbolje prikazao jedan poslanik u britanskom parlamentu

JAT-ov avion »Boeing 707«, dug 46,6 m, visok 12,9 m, širok 3,54 m, raspon 44,4 m, brzina 900 km/sat, vrhunac 12 900 m, dolet 9260 km, brzina pri slijetanju 234 km/sat, potrošak 6800 lit. goriva na sat



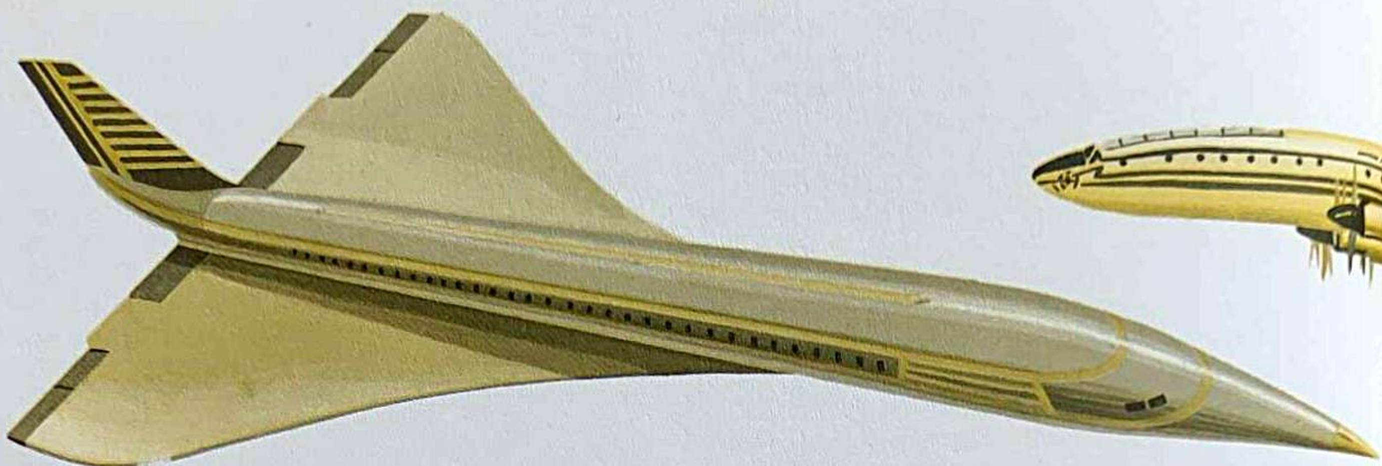


JAT-ov avion »Sud Aviation SE 210 Caravelle« prvi i najčešći civilni mlazni avion srednjih pruga, dovršen 1955. Izrađeno je više stotina sve boljih aviona. U službi od 12. V 1959. Kupila su ih mnoga društva i u SAD. Tip »Super B Horizon«: 2 reaktora, brzina 875 km/sat, vrhunac 12 000 m, dolet 352 km, 58 putnika u 1. razredu ili 94 u turističkom

Moderne putničke avione tjeraju mlazni motori za koje se prije dvadeset i pet godina nije ni znalo. Avion je sada veoma složen, izgrađen od specijalnih materijala, koji mogu izdržati golema naprezanja i veoma visoke temperature, a opremljen je mnoštvom instrumenata i elektronskih sprava. Sve to strahovito poskupljuje gradnju, pa jedan civilni četveromlazni avion stoji sada više od devedeset milijuna dinara. Koliko će stajati prvi nadzvučni putnički moderni avion?

koji je ovako opomenuo vladu: »Ako se sad ne napregnemo, dok je još na vrijeme, britanski dozvučni putnički avioni će u skoroj budućnosti klipsati bez putnika iza sovjetskih nadzvučnih aviona na svim glavnim svjetskim putničkim prugama.«

Hoće li se isplatiti preskupi nadzvučni avioni? Može se slobodno ustvrditi da hoće, jer jedan jedini takav avion, u više stotina preleta na godinu, može prevesti više putnika nego *Queen Eli-*



zabeth II, najnoviji prekoatlantski parobrod na svijetu u 45 plovidba godišnje.

Nije svrha ove knjige, a u njoj nema za to ni prostora, da bi se mogla pretresati različita ekonomska i tehnička pitanja. Ne mogu se opisati i naslikati ni svi putnički avioni na svijetu jer ih već ima vrlo mnogo. Svrha je ovog djela samo da prikaže do kojeg se stupnja razvila moderna putnička avijacija u četiri industrijski najsnažnije države na svijetu.

Francuska, zemlja stare tradicije, znala je poslije rata 1945, kad su sve tvornice bile razorene, iskoristiti iskusne radnike, tehničare i inženjere. Vrlo sposobni francuski konstruktori na vrijeme su obnovili tvornice i izradili nekoliko modernih aviona, koji su se svrstali među najbolje na svijetu. Francuska avionska industrija ima sada oko 85 000 radnika u čuvenim tvornicama s pola stoljeća tradicije, kao što su: *Breguet*, *Morane-Saulnier* (Moran-Solnie), *Latecoere* (Latekoer) i *Potez*, te u velikim novim kombinatima: *Gam-Dassault* (Dasol), *Nord-Aviation* i *Sud-Aviation*. Francuska industrija izrađuje i avionske motore u tvornici *Hispano-Suiza*, koja je utemeljena 1911, te u novim tvornicama *Snecma* (Snekma) i *Turbomeca* (Tirbomeka). Francuska izvozi oko 50% proizvedenih aviona. Najviše se izvoze dvoreaktorske *Caravelle*, za srednje pruge, koje kupuje i Jugoslavija.

Dvoreaktorski avion za srednje pruge *Sud-Aviation SE 210 Caravelle* izvršio je prvi let 1955, a društvo *Air France* (Er Frans) uvrstilo ga je u promet 12. V 1959. Izrađeno je, uz neprekidno usavršavanje, i prodano gotovo 300 Caravella, koje lete na redovitim prugama društva: Air Algerie, Air Liban, Alitalia, Iberia, JAT, Sabena, SAS, Swissair, Tunis i dr. Zanimljivo je da su mnogo Caravella kupile i Sjedinjene Američke Države. Caravelle prve serije *SE 210* mogle su prevesti 64 putnika u 1. razredu ili 80 turista brzinom od 800 km na sat. Caravelle serije *Super B Horizon*, s dva reaktora Pratt & Whitney lete brzinom od 875 km na sat. Imadu dolet do 3520 km i vrhunac od 12 000 m; prevoze 68—94 putnika. *Sud-Aviation* u suradnji s britanskom industrijom projektira novi avion za pruge srednje dužine koji će se zvati *Galion* (velika galija, galijun); on bi mogao prevoziti 150—200 putnika i zamijenio bi Caravelle na prugama s gustim prometom.

Francusko-britanski putnički nadzvučni avion »Concorde«. Trebalo je da se uvrsti u promet 1970. Međutim, troškovi su gradnje toliko veliki da se još raspravlja o serijskoj izgradnji. Za dva prototipa utrošeno je 29 milijardi dinara. Cijena će se kretati oko 400 milijuna dinara. Amerikanci prijete da će zabraniti slijetanje zbog zvučnog praska, ali graditelji tvrde da će biti manje bučni od drugih mlaznih aviona. Do 1971. izrađena su još 2 predserijska aviona, a za 10 pripremljeni su dijelovi. Možda će se uvrstiti u promet 1972. U rujnu 1971. preletio je južni Atlantik za 2 sata i 2 minute

Izvrstan je i putnički četveromotorni turbo-elisni avion *Potez P 840* za male daljine, kojemu je dovoljna uzletna sletna staza od 260 m. Avion je prvi put uzletio 1961. Dobro se prodaje inozemnim društvima. Leti brzinom od 500 km na sat i prevozi 24 putnika.

Avion *Nord-Aviation MH 260 Super Broussard* dovršen je 1960. Izvozi se od 1963, najviše u nove afričke države, jer može uzletjeti i s improviziranih staza, pa i s travnih aerodroma koji nisu dulji od 250 m. Leti putnom brzinom od 380 km na sat i prevozi 3797 kg tereta ili 23 putnika.

Vrhunski je proizvod francuskih tvornica »Aerospaciale« i britanske korporacije BAC, prvi putnički nadzvučni avion *Concorde*, koji je trebao da uzleti 1967, ali još ni 1971. nije uvršten u promet. Nekoliko je puta prekidana gradnja zbog prevelikih troškova, osobito u Britaniji. Od 4 reaktora Bristol, dva su nadomještena jačim. Brzina 2 Macha. Nosi 120 putnika. Iz Pariza u New York letjet će oko dva i pol sata.

Sovjetski mlazni putnički avion »Tupolev TU 124« za kratke i srednje pruge. Sovjetsko poduzeće za civilni promet »Aeroflot« uvrstilo ga je prvi put potkraj 1962. u prugu Moskva—Tallinn. Nakon toga izrađuje se u velikim serijama. Dva reaktora Solovljev, putna brzina 850 km na sat, vrhunac 12 000 m, dolet 2500 km, 44—60 putnika





Sovjetski putnički avion »Tupolev TU 114 Rossia«, razvio se od bombardera »TU 20«. Sovjetsko poduzeće za civilni promet »Aeroflot« uvrstilo ga je 1961. u pruge između Moskve i Dalekog istoka, te iz Moskve u Havanu na Kubi. Bio je najveći putnički avion na svijetu. Četiri turbo-elisna motora »Kuznecov«, putna brzina oko 800 km na sat, vrhunac 10 400 m, dolet 9000 km, korisna nosivost 25 000 kg



Sovjetski putnički avion »Tupolev TU 104«, razvio se od bombardera »TU 16«, leti na prugama sovjetskog puduzeća za civilni promet »Aeroflot«. Dva reaktora Mikulin, putna brzina 800 km na sat, vrhunac 11 000 m, dolet 4000 km, 100 putnika. Nosivost oko 13 500 kg

Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika, koji je prije drugoga svjetskog rata imao osrednju aeronautičku industriju, izgradio je za vrijeme rata, a osobito u posljednjih dvadeset godina, oko 150 izvrsnih tvornica, pa je sada uza SAD prvi na svijetu. Potaknuti rodoljubljem, junaštvom i izvrsnom organizacijom, gotovo jedan milijun radnika, tehničara i inženjera izgradili su i grade sve vrste izvrsnih aviona, helikoptera i projektila za vojno i civilno zrakoplovstvo, što su ih projektirali čuveni konstruktori: Oleg K. Antonov, Georgi M. Beriev, Sergej V. Iljušin, Nikolaj I. Kamov, Mihail L. Milj, Vladimir M. Mjasiščev, Pavel O. Suhoj, Andrej N. Tupolev, Aleksandar S. Jakovljev, Artem A. Mikojan i matematičar Gurevič.

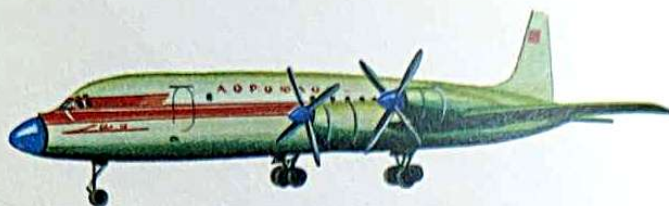
Na žalost, zbog čuvanja vojnih tajni, o sovjetskim avionima se teško pribavljaju podaci, stoga ni mnogi popisi nisu posve pouzdani. Čuveno državno zrakoplovno poduzeće *Aeroflot*, utemeljeno 1923, najveće je na svijetu, ali nije član Međunarodne civilne aeronautičke organizacije, pa i to otešćava usporedbu sovjetskih s drugim avionima u svijetu. Aeroflot održava pruge u ukupnoj duljini od oko 450 000 km, a 1966. prevezao je oko 80 milijuna putnika. Istodobno s Francuskom i Velikom Britanijom uvrstit će 1972. u redovite pruge prve nadzvučne avione, koji će letjeti brzinom od oko 2 Macha i prevoziti oko 140 putnika.

Turbo-elisni putnički i teretni avion za srednje pruge *Antonov An 10 Ukrajina* ima četiri turbo-elisna motora Ivčenko Al 20 od 4000 KS, hermetiziranu i klimatiziranu kabinu. Može se spustiti i na skije. Raspon krila 38 m, dug je 37 m, teži 55 000 kg, dolet doseže 4000 km, prevozi 100—130 putnika brzinom od 680 km na sat. U prometu je od 1959. Putnički avion za kratke pruge *Antonov An 24* ima dva turbo-elisna motora Ivčenko Al 24 od 2535 KS, hermetiziranu i klimatiziranu kabinu, visoko krilo s rasponom od 29,2 m. Dug je 23,5 m, teži 19 500 kg. Dolet 2000 km; prevozi 44—50 putnika brzinom od 435 km na sat. U prometu je od 1963.

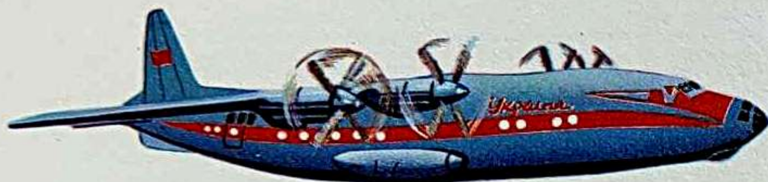
Putnički avion *Iljušin Il 18 Moskva* za srednje pruge najviše se prodaje socijalističkim zemljama i novim državama u Africi. Leti na međunarodnim prugama i prevozi 84—125 putnika. Ima četiri turbo-elisna motora Ivčenko Al 20 od 4000 KS. Avion je dug 35,9 m, ima raspon krila od 37,4 m i teži 61 500 kg. Leti putnom brzinom od 650 km na sat, dolet mu je 4700 km. *Iljušin Il 62* je putnički četveroreaktivni avion za duge pruge. Ima strelasta krila pod kutom od 35° i raspon od 43 m. Dug je 51,5 m, težak 148 000 kg. Četiri dvoprotočna reaktora Kuznecov NK 8 od 9500 kp tjeraju ga brzinom od 900 km na sat. S doletom od 10 000 km može letjeti bez spuštanja iz Moskve u Djakartu ili u New York sa 186 putnika.

Putnički avion *Tupolev Tu 104* za pruge srednje duljine ima dva turbo-reaktora Mikulin AM-3 M od 8700 kp, koji ga tjeraju brzinom od 900 km na sat. Ima strelasta krila pod kutom od 37°, i raspon od 34,5 m. Dug je 38,5 m i teži 75 500 kg. Prevozi 70—100 putnika ili 13 350 kg korisna tereta; dolet oko 4200 km. *Tupolev 114 Rossija* je najteži putnički avion na svijetu. Održava duge pruge od 1961. Ima strelasta krila pod kutom od 35° i rasponom od 51 m, dug je 54 m, teži

165 000 kg. Ima četiri turbo-elisna motora Kuznecov NK-12 M od 14 800 KS. Sa 170—220 putnika leti brzinom od 800 km na sat uz dolet od 10 000 km, pa može letjeti bez spuštanja iz Moskve u Vladivostok ili u Havanu na Kubi. Kabina je klimatizirana i hermetizirana. *Tupolev Tu 124* je putnički avion za pruge srednje dužine. Uvršten je u putničku prugu prvi put između Moskve i Tallinna 1962. Ima dva dvoprotočna turbo-reaktora Solovjev D-20 P od 5000 kp. Ima strelasta krila pod kutom od 35° i rasponom od 25,55 m. Dug je 30,55 m i teži 36 000 kg. Prevozi 44—56 putnika brzinom od 900 km na sat, uz dolet od 2200 km. Ovo je najbrojniji avion jer se gradi u veoma velikim serijama. *Tupolev Tu 134* je dvoreaktorski putnički avion, koji se razvio iz Tu 124. Leti na prugama srednje dužine. Ima dva dvoprotočna turbo-reaktora Solovjev od 6500 kp, koji su smješteni desno i lijevo od repa. Dolet mu je 3000 km i prevozi 64—72 putnika. Gradi se u velikim serijama i postepeno nadomješta avione TU 124.



Sovjetski »Iljušin IL 18 Moskva«, putnički avion za srednje pruge u evropskim socijalističkim i novooslobođenim državama u Africi. Četiri turbo-elisna motora »Ivčenko AL 20« od 4000 KS, raspon krila 37,4 m, putna brzina 700 km na sat, vrhunac 10 000 m, dolet 4700 km, težina pri uzletu 62 000 kg, 5 članova posade, nosivost 14 000 kg



Sovjetski »Antonov AN 10 Ukrajina«, putnički elisni avion za srednje pruge. U službi od 1959. na unutrašnjim prugama »Aeroflota«. Četiri turbo-elisna motora »Ivčenko«, putna brzina oko 650 km na sat, vrhunac 9000 m, dolet 2600 km, teret 14 500 kg, 100 putnika

Na izložbi u Parizu 1971. SSSR je ponudio na prodaju nekoliko izvrsnih aviona. Među ostalim i nadzvučni putnički četveromlazni *TU-144* (4 reaktora od 145 000 kp, brzina 2,2 Macha, dolet 6500 km, 130 putnika ili 12 t tereta). U usporedbi s *Concordom*, TU-144 je grublje izrađen. Iako sovjetski *Aviaexport* nagovješta prodaju, nema izgleda da bi se mogli sklopiti poslovi, jer ni Aleksej Tupolev, sin čuvenog Andreja Tupoleva, nije otkrio tehničke podatke. Avion već leti, ali se u redoviti promet zacijelo neće uvrstiti prije 1973.

Naprotiv, putnički kratkoprugaš *Jakovljev Jak-40,* osvaja i zapadno tržište. Kupuju ga Italija i SR Njemačka. Nazivaju ga *Minicaravelle*. U SSSR-u leti već 217 aviona. Nudi se tip za 27 putnika (2 pilota, niska krila, tri dvoprotočna reaktora po 1350 kp, brzina 550 km na sat, duljina 20,36 m, visina 6,50 m, raspon 25,30 m, masa 13 700 kg, od toga 2040 goriva, dolet 600 km, s rezervom od 45 min. leta), koji može sletjeti na stazu dugu 300 m i uzletjeti s obične tvrde ili travnate staze duge 500 m. Cijena je gotovo 50% niža od sličnog francuskog aviona *Falcon 20-1*, koji će se uvrstiti u promet tek 1973.

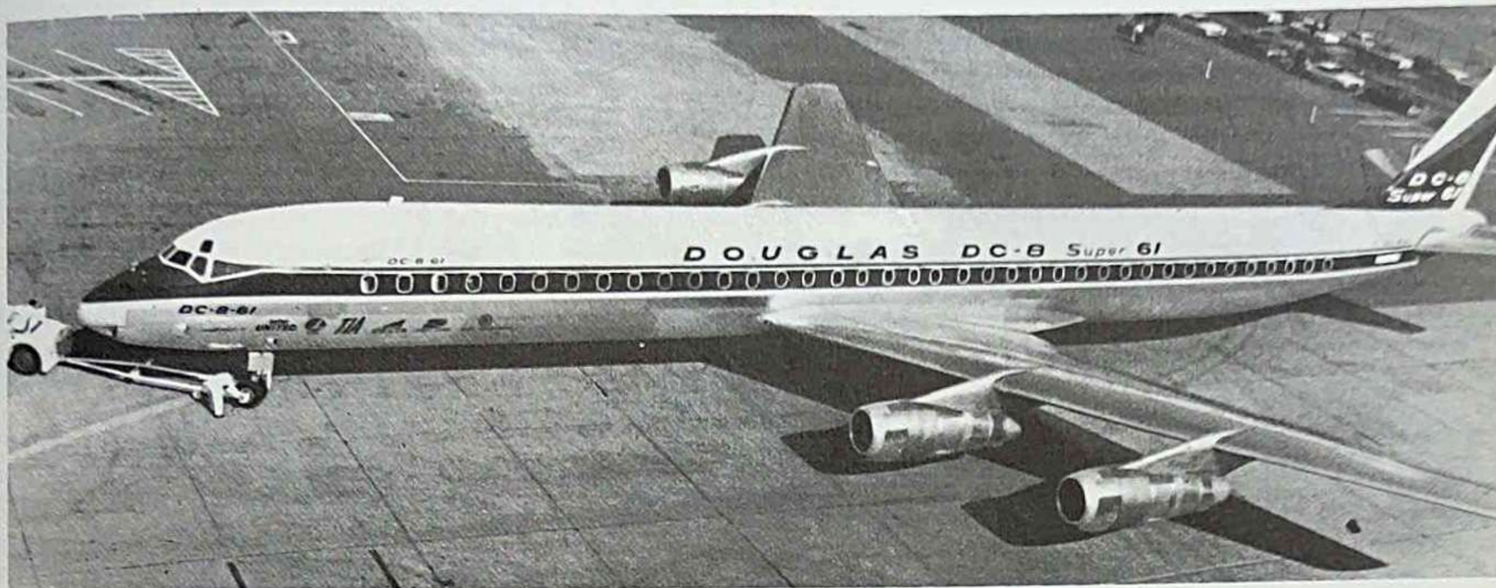
Postoje još dva tipa ovog aviona: putnički sa 40 sjedišta i doletom od 1000 km, te poslovni za 6 putnika.



Sovjetski »Antonov AN 24« putnički turbo-elisni avion za unutrašnje pruge. U službi »Aeroflota« od 1963. Dva turbo-elisna motora »Ivčenko«, putna brzina 475 km na sat, vrhunac 9000 m, dolet 2000 km, 4 člana posade, 36—44 putnika u nepropusnoj i klimatiziranoj kabini

Sovjetski putnički avion »Iljušin IL 62« za najdulje pruge iz Moskve u New York, ili iz Moskve u Djakartu. Dovršen 1962. Strelasta krila pod kutom od 35°, raspon krila 43 m, duljina 52 m, težina pri uzletu 148 000 kg, četiri turbo-reaktora »Kuznjecov NK« od 9500 kp, brzina 900 km na sat, dolet 10 000 km. Prevozi oko 136 putnika i posadu





Američki transkontinentski avion »Douglas DC-8 Super 61« za prugu New York—Los Angeles, dovršen 1966. Avion je dug 57,6 m. Ima četiri turbo-reaktora »Pratt and Whitney JT 3D-3B« od 8100 kp, prostor za 252 putnika, odnosno 352 m³ robe. Veći su tipovi »Douglas DC-8 Super 62« i »DC-8 Super 63« za promet preko Pacifika u Australiju

Sjedinjene Američke Države imaju uz SSSR najjaču aeronautičku industriju na svijetu sa 137 velikih tvornica i 1 250 000 radnika. Neke su od tih tvornica golemi kombinati, kao npr. *Lockheed*, *General Dynamics*, *Boeing*, *North American* i *Douglas*, ali ima i mnogo manjih tvornica koje izrađuju čuvene turističke i poslovne avione. Nakon svršetka rata, od 1945. do 1950, industrija SAD morala je preinačiti čitavu proizvodnju i umjesto velikih serija ratnih aviona graditi manji broj složenijih vojnih i civilnih aviona na mlazni pogon za velike brzine. Iako su narudžbe interkontinentalnih projektila smanjile potražnju vojnih aviona, tvornice su ipak radile punim kapacitetom, jer su civilni avioni i projektili veoma složeni i skupi. Samo godine 1962. država je isplatila aeronautičkoj industriji astronomsku brojku od 226 milijuna dinara za gradnju vojnih projektila, vojnih aviona i helikoptera. Mnoge su tvornice dio svojih kapaciteta prilagodile proizvodnji različitih projektila, a poneke, osobito čuvena tvornica *Martin*, posve su prešle na gradnju raketnih oružja.

Poslije 1945. SAD su jedine, bez konkurencije, gradile putničke avione za duge, prekoatlantske i srednje pruge, ali u posljednjih petnaest godina pridolazilo je sve više evropskih aviona. Sada SAD izvoze samo 10% svoje ukupne proizvodnje. Da se na prekoatlantskim prugama ne pojave francusko-britanski nadzvučni avioni Concorde bez konkurencije, tri američka tvornička koncerna, uz državnu pomoć, užurbano proučavaju, tri tipa nadzvučnih aviona, koji bi na putničkim linijama letjeli brzinom od 2,7 do 3 Macha, tj. za 0,8 Macha brže od francusko-britanskog Concordea.

Od velikih putničkih aviona najčuveniji je četveroreaktorski *Boeing 707-320 B Intercontinental*, koji je nastao postepenim poboljšavanjem prvog mlaznog putničkog aviona *Boeing 707* iz 1958. Tip Intercontinental uvršten je u promet 1962. Drugi tip *Boeing 720 B* konstruiran je za kraće pruge i prevozi 112 putnika 1. razreda ili 165 turista. Cijena mu se kreće oko 66 milijuna dinara. Treći tip *Boeing 727* s tri reaktora uvršten je u promet 1963. na srednjim prugama i ističe se udobnošću i raskošno uređenom kabinom za 70—129 putnika; leti brzinom od 965 km na sat. *Boeing 737* s dva dvoprotočna reaktora leti na kratkim i srednjim prugama brzinom od 900 km na sat i prevozi 75—100 putnika. Američko transportno društvo Pan American naručilo je 1966. devedeset i pet aviona *Boeing 747*, koji se već



Američki nadzvučni putnički avion »SST«(brzina 2,7 Macha) sa sklopljivim krilima. Zbog prevelikih troškova gradnja još nije odobrena

grade u seriji. To su zračni gorostasi dugi 69,65 m, s rasponom krila od 59,6 m i bruto težinom od 306 000 kg. Imaju četiri dvoprotočna reaktora i prevoze do 490 putnika u prostranoj hermetiziranoj i klimatiziranoj kabini, gdje putnici sjede u naslonjačima koji su poredani po deset u jednom redu. Isti avion za transport tereta imat će spremište od 647,61 m^3 prostora. Koncern *Boeing* projektira nadzvučni avion *Boeing 733* sa četiri turbo-reaktora od 16 000 kp, koji će letjeti brzinom od 2,7 Macha i prevozit će 150—227 putnika. Imat će strelasta krila s promjenjivim kutom od 20° pri uzlijetanju i 74° pri krstarenju na visini od 20 000 m.

Douglas DC 8 izrađuje se u više serija. Serije 30, 40 i 50 su interkontinentalni četveroreaktorski avioni. Najviše je prodano aviona serije 40, koji stoje oko 82 milijuna dinara. Do sada su inozemna transportna društva preuzela više od 290 aviona. *DC 8 Serie 50* prevozi 105—189 putnika brzinom od 935 km na sat. Dvoreaktorski avioni *Convair 880* uvršteni su u promet 1961. Stoje 54 milijuna novih dinara i prevoze 88 putnika u 1. razredu, ali postoji tip aviona s kabinom *couchette* (kušet ležaljka), koji prevoze 110 putnika. Četveroreaktorski *Convair 990* lete od 1961. između atlantske i pacifičke obale SAD, a od evropskih društava prva četiri aviona naručilo je švicarsko društvo Swissair. Cijena se ovih aviona kreće oko 47 milijuna dinara. Tvornica Douglas proučava financijsku stranu projekta za gradnju nadzvučnog putničkog aviona, koji bi letio brzinom od 3 Macha sa 200 putnika, a gradi tromotorni avion *DC-10* za 300 putnika.

Lockheed izrađuje avione za kratke i srednje pruge. Najčuveniji su tipovi *L 188 Electra*, kojih ima mnogo i u Evropi. *Lockheed L 200* jest planirani nadzvučni putnički avion s krilima dvostruke delte pod kutom od 83° i 62°, težak 218 000 kg. Tjerat će ga četiri turbo-reaktora brzinom od 3 Macha, a prevozit će oko 220 putnika.



Američki avion »Boeing 747«, duljina 69 m, raspon krila 59 m, bruto-težina 306 t, nosi 490 putnika ili teret u skladištu od 647 m^3



Lijevo: unutrašnjost jedne od udobnih, nepropusnih i klimatiziranih kabina, s 10 sjedišta u svakom redu, četveromlaznog aviona »Boeing 747« za najdulje pruge. Uz posadu prevozi 490 putnika s prtljagom

Velika Britanija ima poslije Sovjetskog Saveza najjaču aeronautičku industriju u Evropi. Poslije rata, 1945. morala je, slično kao i SAD, preinačiti proizvodnju i graditi posve nove i složenije tipove mlaznih aviona u malim serijama za vojsku i civilnu avijaciju. Vrlo skupi novi strojevi, te laboratoriji za istraživanja i konstrukciju aviona prisilili su britansku industriju da više tvornica spoji u financijski jače grupe. Tako je pojačana grupa *Hawker Siddeley Aviation* (Hoker Sidli Eviejšn), koja je utemeljena 1935. i u kojoj su tvornice: *Avro, Armstrong-Whitworth, De Havil-*

land, Blackburn, Hawker i Gloster, a stvorena je i nova grupa *British Aircraft Corporation* (*BAC*), koja obuhvaća tvornice: *Bristol, English Electric, Vickers* i *Hunting*. Međutim, ima i nekoliko samostalnih tvornica, od kojih su najveće *Handey-Page* (utemeljena 1909) i najstarija, zapravo prva britanska tvornica aviona, *Short*.

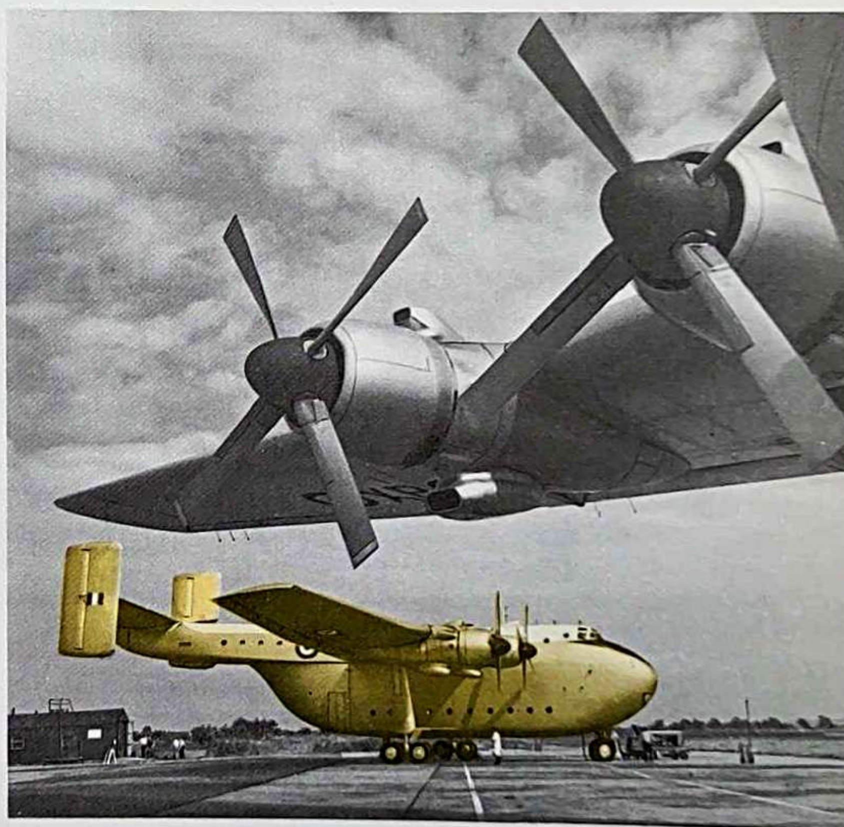
Dolje: britanski »Vickers Super VC 10«, putnički avion za duge pruge i 163 putnika. Raspon krila 43 m, duljina 53 m, težina pri uzletu 152 t. Četiri dvoprotočna turbo-reaktora Rolls-Royce Conway RCo 43 D od 10 205 kg, putna brzina oko 920 km na sat, dolet 11 000 km



Gore: putnički avion »British Aircraft Corporation BAC One-Eleven« za srednje pruge. Najbrojniji u Evropi, jer je jeftiniji od Caravelle. 2 dvoprotočna turbo-reaktora Rolls-Royce od 4625 kp, brzina 870 km/sat, dolet 2000 km, 78 putnika

Dolje: britanski putničko-teretni avion »Hawker-Siddeley Argosy XB 260«. Naziva se po dubrovačkim teretnim jedrenjacima iz XVI st, koji su tada bili najveći trgovački brodovi na svijetu. Avion ima visoko krilo, a u produženom trupu nepropusnu i klimatiziranu kabinu za 108 putnika. U dubokom donjem dijelu, prostrano je spremište za teret u kojemu može prevoziti kamione i automobile. Raspon krila 35 m, duljina 27 m, težina pri uzletu 42 000 kg. 4 turbo-propulzora Rolls-Royce Dart-532 od 2100 KS, brzina 480 km na sat, dolet 2800 km. Vojni tip XB 660 ima četiri turbo-propulzatora od 2680 KS, dolet 5000 km. Prevozi 69 vojnika s potpunom opremom i nekoliko vozila do ukupne težine od 15 t

Britanska aeronautička industrija zapošljava oko 300 000 radnika, koji izrađuju sve vrste vojnih i civilnih aviona i helikoptera, a veoma je dobro razvijena i industrija elektronske opreme. Izvozi oko 52% svih proizvoda. British Aircraft Corporation gradi s francuskim tvornicama Sud Aviation prvi putnički nadzvučni avion Concorde.

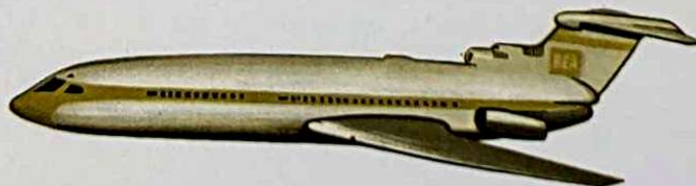


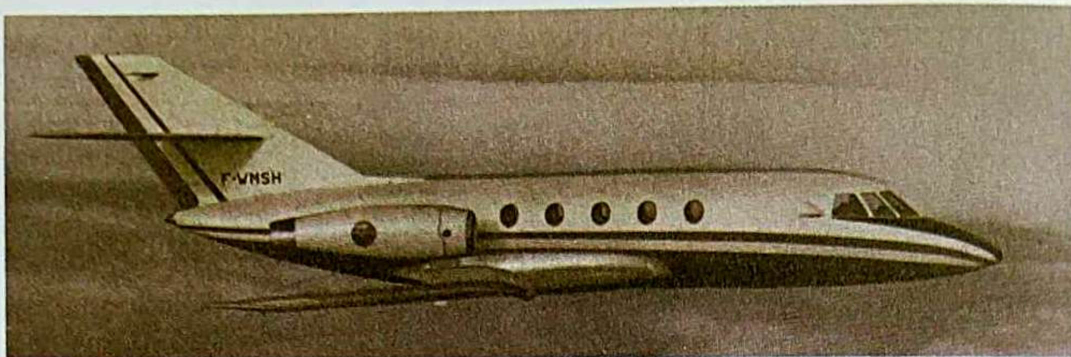
Od velikih putničkih aviona za duge pruge najčuveniji je *Comet IV*, potomak prvog putničkog mlaznog aviona na svijetu. Svaki od tih Cometa stoji oko pedeset milijuna dinara, a dosad ih je prodano 140. Četveromotorni *Vickers VC 10*, koji stoji oko četrdeset milijuna dinara, uvršten je u promet 1964. Četveromotorni *Vickers Super VC 10* najnoviji je britanski avion za duge pruge. Stoji oko šest milijuna dinara i uvršten je u promet 1965.

Za srednje pruge Britanci su izradili dvoreaktorski avion *British Aircraft Corporation BAC One-Eleven* (Van-elevn = jedan jedanaest), koji je uvršten u promet 1964. Do sada je prodano oko 130 aparata mnogim državama u Evropi i u Americi, jer stoje 32 milijuna dinara, pa su za 5,5 milijuna dinara jeftiniji od francuske Caravelle, kojoj najviše i naliče. Veoma se dobro prodaje i dvomotorni turbo-elisni avion za kratke i srednje pruge *Avro 748*, osobito u Latinskoj Americi. On treba da naslijedi popularne avione *DC 3*.

Od manjih aviona za kratke pruge veoma su brojni dvomotorni turbo-elisni *De Havilland DH 104 Dove*, od kojih je 680 prodano gotovo svim državama u svijetu. Oni prevoze 11 putnika, ali se upotrebljavaju za prijevoz tereta pa i kao leteće ambulante. Slično se upotrebljava i *De Havilland DH 114 Heron*, koji prevozi 17 putnika.

Dolje: britanski »De Havilland DH 121 Trident«, putnički avion za srednje i duge pruge. Tri dvoprotočna turbo-reaktora Rolls-Royce od 5170 kp, putna brzina 948 km/sat, dolet 4200 km, 80—125 putnika





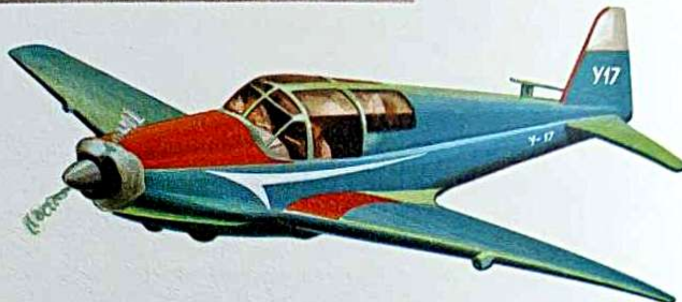
Francuski poslovni avion »Dassault Mystère 20«. Prodaje ga Pan American Airways pod imenom »Falcon J«, 2 turbo-reaktora od 1950 kg, brzina 820 km sat, dolet 3000 km, klimat. kabina za 12 putnika

Poslovni avioni. Ova je vrsta aviona manje poznata jer se u Evropi još malo upotrebljava. U Americi se civilna avijacija dijeli na transportnu avijaciju redovitih pruga (Sheduled airlines, č. Šedjuld erlajns) i opću avijaciju (General aviation, č. Đeneral aviejšn), koja obuhvaća poslovnu avijaciju (Busines aviation, č. Biznis a.), turističku i sportsku. Poslovni avioni upotrebljavaju se za poslovna i službena putovanja, turistički avioni za razonodu i izlete, a sportski obično kruže oko klupskih uzletišta gdje se mladi piloti-učenici bave pilotiranjem kao sportom.

Poslovna avijacija brojila je 31. XII 1971. oko 205 000 aviona, koji su 1971. izvršili oko 9 milijuna km leta. Američki privrednici sve troškove za poslovne avione uračunavaju u redovite izdatke kao i za automobile. Ako je daljina veća od 100 do 200 km, vlasnici poduzeća, direktori i inženjeri odlaze na služben put poslovnim avionom, sastaju se s poslovnim ljudima na aerodromima gdje se mogu služiti dvoranom za konferencije s čitavom uredskom opremom. Svaka veća tvornica pri gradnji zgrada rezervira uz auto-put i slobodan prostor na kojemu uređuje uzletište, gdje vrlo brzo niču servisi i poslovnice avionskih tvornica. Zbog toga ima sada u SAD oko 4300 privatnih aerodroma, a svake godine otvara se oko 20 novih.

Privatni avioni u Americi mogu letjeti slobodno svim krajevima zemlje i slijetati i na civilne aerodrome velikih društava. Stoga se na velikim uzletištima uz četveromotorne mlazne gorostase uvijek vide i mali sportski i veći poslovni avioni.

U početku su poslovni ljudi upotrebljavali svoje male sportske avione, ali uskoro su ustanovili da im ne odgovaraju jer su odviše maleni i spori i nisu mogli letjeti po lošem vremenu. Zbog toga su tražili veće i pouzdanije avione, opremljene modernim uređajima za navigaciju i vezu. Danas ima u SAD mnogo tvornica poslovnih, turističkih i sportskih aviona, od kojih su poneke veće od evropskih tvornica za putničke i vojne avione. Ondje se razvila jaka industrija motora, elektronske opreme i instrumenata.



Metalni poslovni avion »Cessna 336 Skymaster«, vrlo ekonomičan iz 1961. Dva motora »Continental« od 195 KS, brzina 450 km/sat, 4 osobe



Poslovni avion »Piaggio P 166 Portofino«, ekonomičan. Dva motora Lycoming od 340 KS, brzina 357 km na sat, dolet 2000 km, 4 sjedišta

Umjesto malih dvosjeda gradili su se sve veći avioni, a 1950. pojavili su se prvi četverosjedi s uvlačivim stajnim trapom. God. 1960. tvornica *Lockheed* stavila je na tržište avion *Jet Star* (Džet Star) sa osam sjedišta, koji sa 4 turbo-reaktora od po 1360 kp dostiže putnu brzinu od 800 km na sat, a tvornica *Cessna* (Sesna) izrađuje avione s nepropusnom kabinom i 4 sjedišta; 2 turbo-reaktora od 635 kp tjeraju takav avion brzinom od 726 km na sat. Neke tvornice pregrađuju vojne lovačke avione, pa čak i četveromotorne bombardere u avione za poslovne svrhe, pa danas u SAD ima oko 60 različitih tipova takvih aviona.

U Evropi neka velika poduzeća počinju kupovati poslovne avione umjesto skupih američkih automobila koji mogu prevesti uz vozača samo 3 putnika. Zbog toga su u Italiji, Velikoj Britaniji, Francuskoj, Saveznoj Republici Njemačkoj i Austriji tvornice počele graditi poslovne avione manjeg i jeftinijeg evropskog tipa, od kojih se dosad najviše proširio talijanski tip *Piaggio* (Pjađo), dvomotorni avion sa 6 sjedišta, prostranom prostorijom za prtljag i nužnikom. Taj avion može letjeti do daljine od 800 km putnom brzinom od 300 km na sat.

Turistički avioni. Ponekad je teško razlikovati poslovne avione od turističkih, jer mnogi bogati industrijalci i trgovci upotrebljavaju poslovne avione u turističke svrhe i za izlete preko week-enda, jednako kao što iskorišćuju i svoje poslovne automobile za razonodu i izlete.

U Sjedinjenim Američkim Državama avion se smatra običnim prevoznim sredstvom kao i automobil, a ne luksuzom. U mnogim dalekim i osamljenim krajevima turistički avion je i potrebniji od automobila. Tako npr. u Aljasci, na primorju, vidi se ispred kuća više turističkih hidroaviona nego automobila.

Turistički avioni se šire u posljednje vrijeme i u Evropi. Nekoliko tvornica gradi već više od 15 godina male serije takvih aviona. U početku se mislilo da će proizvodnja svršiti gubitkom, međutim, ona se dobro razvija i donosi umjerenu dobit.

Turistički avioni se dijele u dvije vrste: one koji su opremljeni za letenje pri svakom vremenu danju i noću s redovitošću od 90 do 95%, i obično su dvomotorni jer je prilično teška oprema za letenje prema IFR (engl. Instrument Flight Rules, č. Instrument Flajt Ruls = Pravila za instrumentsko letenje). Drugu vrstu čine avioni za letenje prema VFR (engl. Visual Flight Rules, č. Vižuel f. r. = Pravila za vizuelno letenje, za letenje odoka). To su redovito jednomotorni i znatno jeftiniji turistički avioni, za kupce koji ne mogu žrtvovati mnogo milijuna za takvu razonodu.

Američki su avioni usavršeniji i udobniji. Izrađeni su posve od metala i imaju mjesta za 4—6 putnika. U Americi je izvrsno razvijena i industrija koja opskrbljuje doknadnim dijelovima servisne radionice za održavanje aviona. Jedina je mana američkih aviona što su znatno skuplji od evropskih. Jednomotorni četverosjed *Cessna 172* koji se najviše prodaje na svijetu, stoji u zapadnoj Evropi, s uračunatom carinskom dažbinom, oko 35 milijuna dinara. Stoji, dakle, više nego sportski brzi automobil Ferrari, ali manje od sportskog dvosjeda Bentley ili Rolls-Royce. *Cessna 175* za četiri odrasle osobe i dvoje djece, preleti za četiri i pol sata put od 950 km i potroši oko 150 litara benzina, tj. nešto više nego brzi sportski automobil dvosjed, ali na odredište stiže dva puta brže i s nezamorenim putnicima. Brzi sportski automobili troše, doduše, nešto manje goriva, ali voze dva puta duže, samo s dva putnika koji na odredište stižu umorni, a pri velikoj brzini na prometnim cestama i uz veliku opasnost. Na turističkom avionu ne prijeti nikakva opasnost.



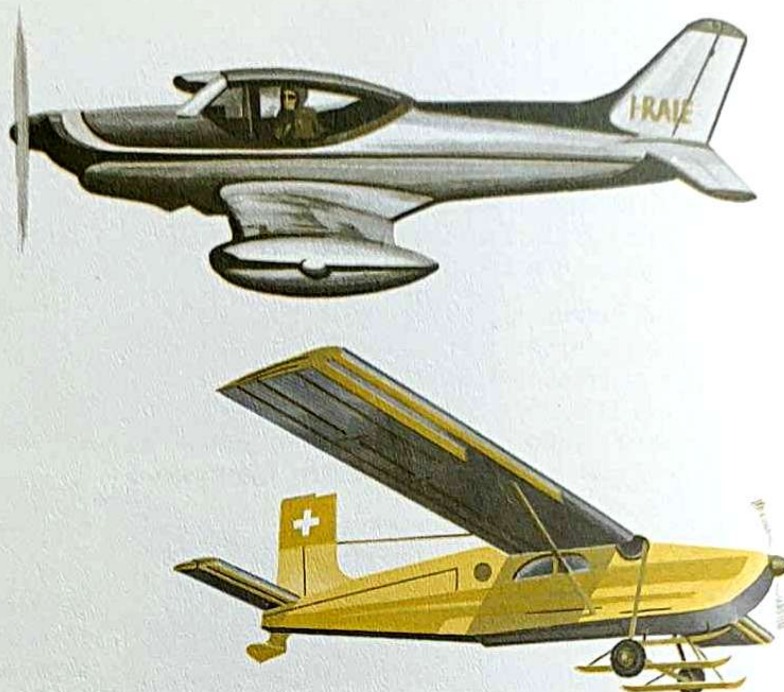
Turistički avion »Cessna Skynight« za visoko letenje s klimatiziranom kabinom i 6 sjedišta. Dva motora »Continental« od 260 KS. Putna brzina oko 375 km na sat, vrhunac do 8500 m, dolet oko 2300 km

Moderni turistički avion je posve siguran i pouzdan. Ako se opet uzme kao primjer Cessna 175, na njoj se kvar događa vrlo rijetko: jedanput na milijun sati leta. U slučaju kvara ona se može spustiti i sa zaustavljenim motorom, kao zračna jedrilica, na livadu dugu 250 m. Za uzlet je dovoljna obična travna staza od 250 m. Prije predaje na tržište prototip Cessne 175 neprekidno je letio s četiri tvornička pilota punih 65 dana, a to je 1550 sati, a da nije dodirnuo tlo. Hrana i gorivo dopunjavali su se iz drugog aviona u zraku.

Turistički avion »Beagle-Auster A 109 Airdale«. Trup je djelomice izrađen od plastičnog materijala, kabina kao u automobilu. Desno su prednja, a lijevo stražnja vrata. U repu su treća vrata s prostorom za prtljag. Po želji i uređaj za noćno letenje. Upravljivi prednji kotač. Motor »Lycoming« od 180 KS, elisa za obrtanje stalnom brzinom. Brzina 225 km/sat, dolet oko 1700 km, vrhunac 5000 m, 4 sjedišta







Gore: metalni avion trosjed »Aviomilano F 250« za brza turistička putovanja. Motor »Lycoming« od 250 KS, putna brzina oko 350 km na sat, dolet oko 1200 km

Dolje: turistički i transportni šesterosjed »Pilatus PC Porter«. Može sletjeti i uzletjeti sa staze duge 400 m i s duboka snijega. Najčešće se upotrebljava u Švicarskoj za spasavanje ili prijevoz planinara zarobljenih snježnim zapusima na planinama. Uz kotače nosi na stajnom trapu i smučke. Poneki su opremljeni i kao leteće ambulante. Motor »Lycoming« 340 KS, brzina 210 km/sat, vrh 7500 m, dolet 1200 km

Lijevo: »Alpavia RF-3« kombinacija sportskog aviona i jedrilice, motor »Volkswagen« 39 KS

SPORTSKI AVIONI

Sportski avioni lakše se održavaju nego automobili jer u državama gdje je razvijena ta vrsta avijacije ima na izbor specijaliziranih servisnih radionica na svakom većem aerodromu. Nakon svakih sto sati leta stručnjaci pregledaju čitav aparat. Nakon tisuću sati leta obavlja se redovita revizija, a nakon svake tri tisuće sati leta obavlja se generalna revizija. Sve su servisne stanice pod nadzorom kontrolnih ustanova: francuske *Veritas*, engleske *ARB* ili američke *FAA*. Nakon svake generalne revizije avion je opet kao nov.

Poslovnim avionima pilotiraju kvalificirani piloti, ali su oni vrlo skupi. (Plaća, životno i socijalno osiguranje i porez oko 250 000 godišnje.) Zbog toga vlasnici turističkih aviona pilotiraju sami. U mnogim državama zahtijeva se gotovo jednako znanje pri polaganju ispita za amatera i profesionalnog pilota. Međutim, u zapadnoevropskim državama postoje američke pilotske škole, koje su izvrsno opremljene, a uzdržavaju ih trgovačke agencije američkih tvornica. One školuju pilote amatere u znatno kraćem roku. Ipak nije baš posve lako završiti ni američku pilotsku školu. Teoretski dio obično traje tri mjeseca, tri puta tjedno, a nakon položenog ispita, leti se avionima s dvostrukim upravljačkim uređajem 30 sati danju i 5 sati noću, pa samostalno 10 sati danju i 2 sata noću. Nakon toga polaže se završni ispit i dobiva diploma pilota IFR (za instrumentsko letenje). Međutim, diplomu treba obnavljati svake godine, a to se može učiniti samo ako je pilot u protekloj godini pilotirao samostalno određeni broj sati. Ako se ne ispune ti uvjeti, diploma se oduzima. Prema jednom međunarodnom sporazumu pilotska diploma, koju je izdala neka službeno priznata škola u jednoj državi, vrijedi u svim državama svijeta.

Ako se sportski avion želi opremiti instrumentima za letenje bez vanjske vidljivosti, radio-stanicom, radio-kompasom i opremom VOR, treba računati na izdatak od najmanje 40 000 dinara. VOR je navigacijski sistem, koji se oslanja na elektromagnetske valove visoke frekvencije. Opremom VOR vrlo je lako odrediti rutu kojom mora letjeti avion da stigne na odredište. Posve jednostavnim geometrijskim radom na karti treba odrediti kut između rute kojom treba letjeti prema odredištu i jedne od takvih visokofrekventnih »magnetskih ruta«. Nakon toga treba na ploči VOR postaviti crnu kazaljku pod izmjerenim kutom i zatim usmjerivati avion prema kazaljkama na posebnoj ploči, tako da crvena kazaljka pokriva crnu. Sam uređaj VOR stoji 30 000 – 40 000 dinara.

U Evropi su turističkim avionima zasad još velika smetnja aerodromi, jer ima premalo uzletišta, a ona su u ljetno doba i prilično zauzeta putničkim avionima redovitih pruga. Osim toga i služba je na putničkim aerodromima odviše kruta, pa se privatni avioni primaju na aerodromima s malo susretljivosti. Turistički avioni moraju imati radio-stanicu kako bi mogli održavati stalnu vezu s aerodromom i pridržavati se uputa

i reda pri slijetanju i uzlijetanju kako ne bi smetali drugim avionima te izazivali opasnost i sudare.

Kupci malih aviona zahtijevaju pouzdan i posve siguran aparat za sve prilike. Moderni aviončići su doista posve sigurni, i njima se može lakše upravljati nego velikim i jakim automobilom na prometnim cestama.

TERETNI AVIONI

Prvi avionski tereti bile su poštanske pošiljke. One su se prevozile već 1919, prije putnika. God. 1946. prevezeno je 100 milijuna t-km, a 1967. oko 1250 milijuna t-km poštanskih pošiljki. (Tone-kilometri, ili tonski kilometri, t-km, se dobiju, ako se težina tereta u tonama pomnoži s brojem prevaljenih kilometara.) Sada više nitko ne šalje pisma običnom poštom u prekomorske krajeve, a sve se više pisama prevozi i na unutrašnjim avionskim prugama. U mnogim državama za pisma vrijedi pravilo: danas predano, sutra uručeno. Pismo danas predano u Zagrebu, sutra je uručeno naslovniku u Skopju, zahvaljujući poštanskim avionima zagrebačkog poduzeća *Pan Adria*. Od 1962. američki časopis Aviation Week (Eviejšn vik = avijacijski tjedan) dobivaju zapadnoevropski pretplatnici u roku od 24 sata.

Kako su zrakoplovne vozarine bile u početku dosta skupe, avionima se prevozila samo dragocjena roba, koja je mogla podnijeti visoke troškove. Poznato je, da su zlatne šipke, dijamanti i ručni satovi u početku bili glavna avionska roba. Međutim, avioni su poslije 1945. prevozili i robu koju je trebalo žurno dostaviti naručiocu. Uvijek se više isplatilo prevesti brzo avionom neki rezervni dio za kakav stroj u tvornici, na brodu, lokomotivi ili avionu, nego da se na nj čekalo nekoliko nedjelja ili mjeseci. Pri tom su sami avioni bili najbolje mušterije. Ako se na njima nešto pokvarilo, najbrže su donosili doknadne dijelove, motore pa i mehaničare drugi transportni avioni.

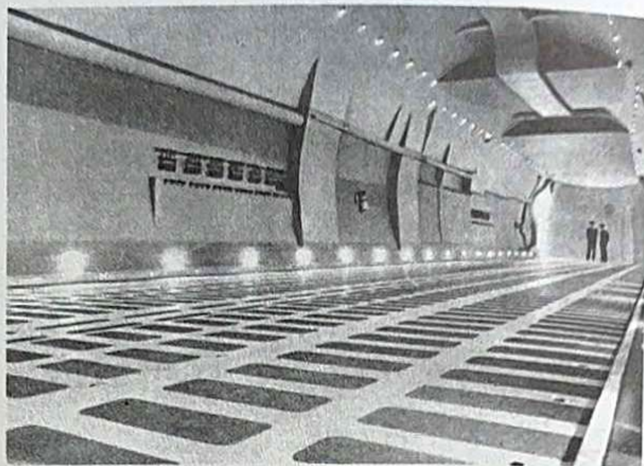
Prijevoz živežnih namirnica. Kad su u septembru 1962. snižene tarife za prijevoz tereta na sjeveroatlantskim avionskim prugama za 80% (od 2,50 na 0,49 dolara), avione su na aerodromima dočekale goleme količine dragocjenih živežnih namirnica, a već poslije nekoliko dana po carinarnici se u zoru na pariškom aerodromu Orly razmililo više od tisuću morskih rakova, koji su štipaljkama prosjekli kutije od ljepenke i razbjegli se po skladištima. Oni su u noći stigli avionom iz Antila pred obalom Srednje Amerike. Kanadski hlapovi, jastozi i rakovice dopremaju se živi u evropske velike gradove. U Riju se često vidi kako iz golemih četveromlaznih aviona izlaze živi volovi, koji su doputovali iz SAD. Začuđenim novinarima trgovci su dokazali da mlada goveda bolje podnose kraći avionski nego dulji brodski prijevoz. Stoka ne gubi na težini iako se na putu ne hrani i ne napaja. Stoga se ne prenosi ni voda ni krma. U avionima nije uginulo nijedno govedo. Najjeftiniji je takav prijevoz i u Evropu, a volovi se dohranjuju u Italiji uvezenim kukuruzom.

Prijevoz industrijskih proizvoda. Jedna britanska tvornica, koja izvozi na evropski kontinent sve svoje domaćinske aparate, je izračunala, da je avionski prijevoz hladnjaka po kg težine, doduše, 15% skuplji od brodske vozarine, ali su avionska laka ambalaža i osiguranje jeftiniji. Kad se uzme u obzir da se pri brzom prevoženju i kapital brže obrće, u tvornici su ustanovili da je avionska otprema oko 27% jeftinija od brodske. Slični su proračuni izvršeni i u elektronskoj industriji.



U posljednje se vrijeme sve više, osobito sitne i skupocjene, robe prevozi avionima. Avionska je vozarina, doduše, skuplja od brodske, ali se brzinom prijevoza i obrtaja uloženog novca prištеđuje više od 27%. Teretni avion poduzeća Silver City može posve otvoriti prednji dio, kako bi se roba, složena u kontejnerima mogla što brže ukrcavati

Televizori se mogu prevoziti avionima u lakim kutijama od valovite ljepenke, a na brodove se moraju ukrcavati u teškim i dobro okovanim drvenim »prekomorskim« sanducima, jer se oni slažu jedan povrh drugoga u dubokim brodskim skladištima, koja se na prekomorskim putovanjima još i ljuljaju s boka na bok. Kako se vozarina odmjeruje prema težini, plaća se i za teške sanduke, a to je čisti gubitak. Osiguravajuća društva tvrde da se u lučkim i željezničkim skladištima dosta često događaju i krađe, zbog toga su premije za osiguranje robe najniže u avionskom prometu, jer su tu gubici, oštećenja i krađe najrjeđe.



Američki teški teretni avion »Lockheed C 5A«, teži 322 000 kg. U svojim spremištima može ukrcati šest velikih turističkih autobusa

Američki putničko-teretni »Douglas DC 8-F Jet Trader«. Četiri dvoprotočna turbo-reaktora Pratt and Whitney JT-3 D-3, 1872 kp, brzina 935 km na sat, dolet 11 400 km, težina 143 t, raspon 43 m, duljina 46 m, 54 putnika i 27 t robe: 1. pilotska kabina, 2. radio-navigacijska kabina, 3. spremište za poštu, 4. prednje skladište, 5. stražnje skladište, 6. putnički prostor, 7. ulaz, sprema, praonica, kuhinja i nužnici

Golem skok u avionskom teretnom prometu zamiјećen je za velikih štrajkova lučkih radnika u SAD 1965. i u Velikoj Britaniji 1966. Tada su mnoga trgovačka društva povjerila uvoz i izvoz avionskim kompanijama, pa pošto su ustanovila da im zračni prijevoz dobro odgovara, slala su i dalje robu zrakoplovnim prugama i poslije prestanka lučkih štrajkova.

Neunosan putnički promet. Proračuni zrakoplovnih društava pokazuju da se prijevoz putnika slabo isplaćuje. Unatoč propagandi da su SAD lijepa i raznolika zemlja, američki turisti tvrdoglavo putuju u proljeće u Evropu, a u jeseni natrag. Slična se seoba turista zamjećuje i u Evropi: u početku ljeta svi putuju na jug, a u početku jeseni na sjever. U obratnom smjeru putnički avioni lete svaki dan poluprazni. Zima je posve mrtva sezona, pa se mnogo zrakoplovnih pruga ukida.

Avioni u mrtvoj sezoni prevoze teret, ali se sve više grade i mješoviti putničko-teretni avioni, koji u jednom smjeru prevoze putnike, a u drugom smjeru robu.

U zimi 1966. bila je financijska situacija u gotovo svima civilnim zrakoplovnim društvima prilično loša. Sazvana je glavna skupština udruge *IATA*, u kojoj je učlanjeno više od sto civilnih zrakoplovnih kompanija, i pošto su proučene prilike u međunarodnom avionskom prometu, zaključeno je da su društva sama kriva što posluju s gubitkom, jer nisu na vrijeme shvatila, da su avioni postali veoma pogodno sredstvo za prijevoz robe. Skupština je na koncu preporučila da gubitke u putničkom prometu treba pokrivati vozarinama za robu.

Teretni zračni brodovi. Statistički podaci o svjetskom zračnom prometu robe pokazuju da su avioni 1945. prevezli 110 000 t-km tereta, a 1966. već oko 6800 milijuna t-km. Američki tvorničari trgovačkih aviona predviđaju da će se teretni promet, od 1967. do 1970. povećavati svake godine za oko 30%. Na sjevernoatlantskim prugama povećava se teretni promet još brže. Međunarodna organizacija za civilnu avijaciju, koja potpada pod organizaciju Ujedinjenih naroda, nedavno je objavila da se teretni avionski promet između SAD i Evrope 1966. povećao za 32%, te ako se pretpostavi da će u idućih deset godina rasti godišnje prosječno samo za 25%, može se očekivati da će 1975. dostići 1 750 000 tona.

U tvornici Boeing već se grade veliki četveromlazni transportni avioni *Boeing 747*, a u tvornici Lockheed avioni *Lockheed C 5A*. Transportno društvo Pan American odmah je naručilo 25 aviona Boeing 747, koji teže 308 000 kg, a američka armija preuzima avione *Lockheed C 5 A* koji teže 322 000 kg. Avioni *C 5 A* mogu prevoziti 700 putnika, ali je prvih 100 aviona izgrađeno za prijevoz robe (ratnog materijala) iz SAD u Vijetnam. Iako jedan Boeing 747 stoji 480 milijuna, a *C 5 A* oko 600 milijuna dinara, oni će ipak biti unosni.

Pošto su 1957. uvršteni u putničke pruge prvi četveromlazni avioni *Boeing 707* i *Douglas DC 8*, zrakoplovna društva su ubrzo opazila, da su četveromotornim turbo-elisnim avionima na izmaku dani službovanja, jer su izbirljivi putnici željeli putovali samo novijim i bržim mlažnjacima. Svi su se tada pitali, što da se radi s elisnim avionima prekomorskih pruga, a osobito s tipovima *Douglas DC 7 C* i *Lockheed Starliner*, koji su se izvrsno prodavali 1955, i još neprekidno gradili u velikim serijama. Nije preostalo drugo nego da se takvi putnički avioni pretvore u teretnjake. Tako su se pregrađivali i posljednji avioni u montaži, a 1963. izrađeni su avioni *Boeing 707-320 C* i *Douglas DC 8 F*, u kojima se za dva sata putničke kabine mogu pretvoriti u skladišta za teret i obratno. Međutim, uskoro se pokazalo da je i ta odluka bila pogrešna.

Troškovi preleta (plaće posade i gorivo) na posljednjim turbo-elisnim avionima *DC 7 C* i *Starliner* kretali su se oko devet dinara po avio-kilometru, a na novim četveromlažnjacima *Boeing 707* i *Douglas DC 8*, oko osam dinara. Na prvi pogled razlika nije velika, ali četveromlažnjaci nose dva puta više tereta i znatno većom brzinom. U tom računu treba obuhvatiti i troškove za održavanje motora. Reaktori su jednostavniji i izdržljiviji, iako su mlađi od turbo-elisnih motora. Zbog toga su i troškovi za održavanje mlaznih aviona po avio-kilometru manji (sedam dinara za *Starliner*, pet dinara za *DC 8*). Ako se u tom proračunu uzme u obzir još brzina, jer brži avion i brže privređuje, proizlazi da su četveromlažnjaci *Boeing 707* i *DC 8* tri puta unosniji. Stoga nije preostalo drugo rješenje nego da se elisni avioni povuku i iz teretnih dugih pruga.

Tvornica Lockheed je obećala trgovcima da će njezini novi četveromlazni teretni avioni *C 5 A*, koji teže 320 000 kg, prevoziti robu između atlantske i tihooceanske obale, na daljinu od 4000 km, uz 10% nižu vozarinu nego što je sada prevoze najjeftiniji kamioni. Nakon takvih računa više nas ne mogu iznenaditi vijesti o gradnji golemih zračnih brodova od više stotina tona.

VOJNI AVIONI

Budući rat, kojega se opravdano boje svi slobodni narodi, mogao bi postati opći svjetski atomski rat s termonuklearnim bombama, koje se neprekidno usavršavaju i postaju sve strašnije ratno oružje. Atomskih bombi, granata i raketa izrađeno je od 1953. već toliko da jedna velesila može posve uništiti drugu. Međutim, svojstvo je modernih oružja da će u budućem ratu napadač biti u prednosti jer će se napadnuti moći braniti samo onim što mu preostane poslije iznenadna udara. Zbog toga je cilj svake velesile da napadača uništi prije nego što je on dotuče, a na napad će odgovoriti trenutačnom odmazdom.

Međutim, manji lokalni sukob ne bi »zaslužio« opći svjetski atomski rat i upotrebu velikih strategijskih atomskih oružja. Za takvo ratište predviđeno je predatomsko oružje, koje se naziva klasično ili konvencionalno. Međutim, sile Atlantskog pakta predvidjele su i za mali rat s ratištem od nekoliko stotina kilometara sitno tzv. taktičko atomsko oružje koje bi se upotrijebilo u »malom paklu«. Tako su nastale topovske granate, mali projektili s atomskim ubojnim glavama i laki taktički lovački avioni *Fiat G-91* što ih je štab

Atlantskog pakta izabrao za lokalne borbe. Takvim lovcima opremljena je talijanska, turska, grčka i njemačka savezna vojska. Naoružani su mitraljezima od 12,7 mm ili topovima od 30 mm te upravljivim projektilima za borbu protiv aviona.



Najuspjeliji talijanski laki taktički lovački avion »Fiat G 91«. Gradi se i u SR Njemačkoj, a upotrebljavaju ga talijanska, grčka, turska i njemačka avijacija. Dvosjed dovršen 1956. Jedan reaktor »Bristol Siddeley Orpheus«. Brzina 1000 km na sat, vrhunac 12 000 m, dolet do 1125 km, 4 mitraljeza, bomba i projektili uzduh-zemlja



Njemački »Messerschmitt ME 163 B Komet«, prvi mlazni presretač na svijetu. Uvršten u borbu protiv »letećih tvrđava« 16. VIII 1944. Mogao je letjeti samo 10 min. Izrađeno je više od 300 aviona. Motor »Walter«, brzina 950 km/sat, vrhunac oko 15 000 m, 2 topa od 30 mm

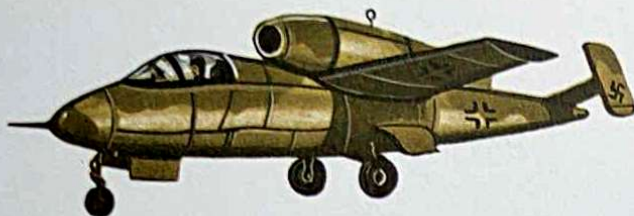
Dolje: eskadrila jugoslavenskih lovačkih aviona na jednom uzletištu

Takmičenje u naoružanju. Kad je SSSR 1949. prvom atomskom ekslozijom dokazao da je i on spreman na napad odgovoriti odmazdom, počelo je drugo doba naoružavanja na Zapadu i borba Sjedinjenih Američkih Država za premoć. Počeli su se izrađivati bombarderi velike brzine, nosivosti i daljine letenja koji bi u slučaju sukoba napali neprijateljske baze atomskim bombama. Grade se i bombarderi koji nose projektile za napad ciljeva na zemlji, zatim lovački avioni za razaranje oklopnih kola i drugih ciljeva na zemlji te lovci presretači koji će se upustiti u zračnu borbu i obarati neprijateljske lovce i bombardere. Na to naoružavanje odgovorio je i SSSR gradnjom novih tipova aviona, pa je tako nastalo takmičenje u naoružanju.

Prvi mlazni vojni avioni. Pod kraj drugoga svjetskog rata nastala je krupna promjena u pogonskim motorima vojnih aviona. Pojavili su se reaktivni raketni ili mlazni motori.

Prve mlazne vojne avione izradila je njemačka vojna industrija. Na usavršavanju mlaznih motora radili su užurbano od 1931. inženjeri *Johannes Winkler, Walter Riedel,* prof. *Hermann Oberth* te mnogi inženjeri i tehničari u tvornicama Junkers i Heinkel. Prvi mlazni avion uzletio je 27. VIII 1939. Bio je to pokusni *Heinkel He-178*. Međutim, prošlo je još mnogo vremena dok su se mlazni vojni avioni toliko poboljšali da su se mogli uvrstiti u eskadrile. Tek 16. VIII 1944. uvršteni su u borbu protiv američkih letećih tvrđava prvi njemački reaktivni prestretači *Messerschmitt ME 163 B Komet*. Raketni motor Walter tjerao ih je brzinom od 950 km na sat. Dostizali su vrhunac leta od 15 000 m. Ukupno je do kraja rata, tj. do 1. V 1945, izrađeno nešto više od 300 takvih aparata, koji su bili naoružani sa dva topa od 30 mm.





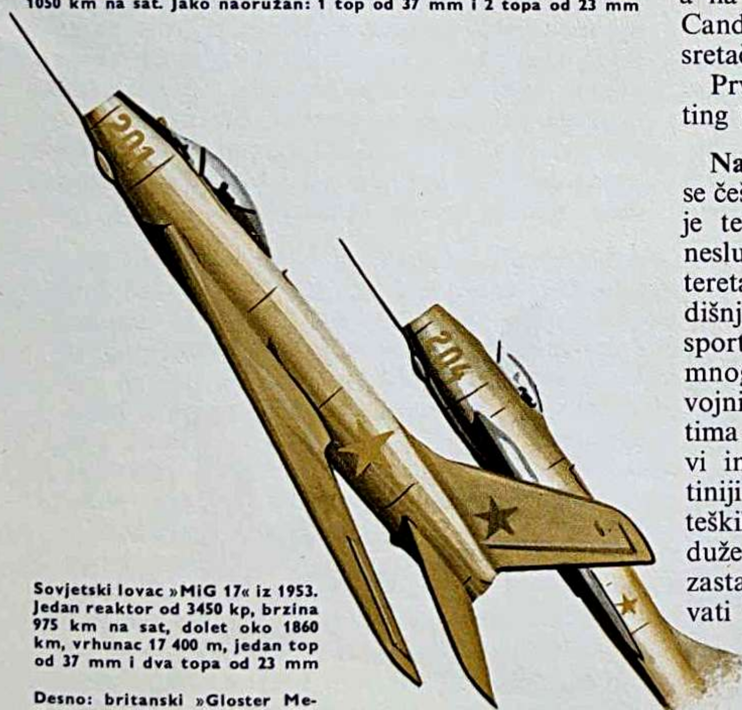
Njemački »Heinkel HE 162 Salamander«, treći tip mlaznog lovca u drugome svjetskom ratu, poslije veljače 1945. Do svršetka rata uvrštena su u borbu samo 162 takva aviona. Jedan reaktor »BMW«, brzina 835 km na sat, vrhunac oko 13 000 m, dolet 635 km, 2 topa od 30 mm



Njemački »Messerschmitt ME 262«, metalni lovac bombarder. Od kraja 1944. do svršetka rata izrađeno je 1290 aviona, ali ih je u borbu uvršteno manje od pola. Dva reaktora »Junkers Jumo«, brzina 870 km/sat, vrhunac 11 000 m, dolet oko 1000 km, 4 topa od 30 mm

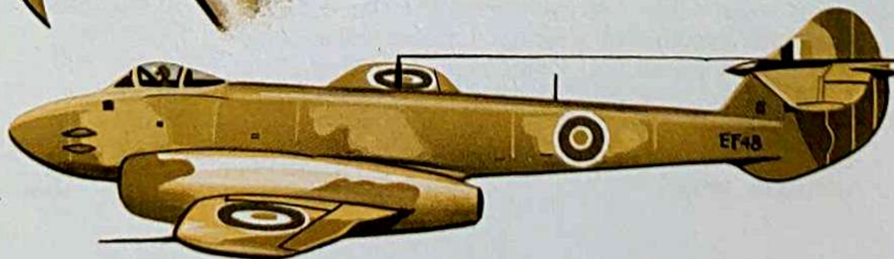


Sovjetski lovački avion »Mikojan-Gurevič MiG 15« iz 1949. Prvi je put uvršten u borbu potkraj 1950, u korejskom ratu. Brzinom je nadmašio američke lovce »F 80«. Jedan reaktor »Klimov«, brzina 1050 km na sat. Jako naoružan: 1 top od 37 mm i 2 topa od 23 mm



Sovjetski lovac »MiG 17« iz 1953. Jedan reaktor od 3450 kp, brzina 975 km na sat, dolet oko 1860 km, vrhunac 17 400 m, jedan top od 37 mm i dva topa od 23 mm

Desno: britanski »Gloster Meteor«, prvi i jedini saveznički mlazni lovac u drugome svjetskom ratu. Dovršen je prekasno i u premalom broju, da bi se mogao oduprijeti njemačkim lovcima »ME 262«. Izradivali su se i poslije 1945. Dva reaktora »Rolls Royce«, brzina 790 km na sat, vrhunac 13 500 m, dolet oko 2100 km, 2 topa od 30 mm



Osim presretača Nijemci su izradili i dvomlazne lovce bombardere *Messerschmitt ME 262*. Do kraja rata izrađeno je 1296 takvih aviona, ali je u borbu uvršten samo manji dio. Oni su imali dva reaktora Junkers Jumo, dostizali su brzinu od 870 km na sat i vrhunac leta od oko 11 000 m. Dolet se kretao oko 1000 km. Bili su naoružani sa četiri topa od 30 mm.

Treći reaktivni presretači *Heinkel HE-162 Salamander* uvršteni su u borbu 18. II 1945. Ali do svršetka rata dovršeno je samo 107 takvih aviona, koji su s jednim reaktorom BMW dostizali brzinu od 835 km na sat i vrhunac leta od 13 000 m. Dolet im se kretao oko 650 km, a bili su naoružani sa dva topa od 30 mm.

U Velikoj Britaniji bavio se usavršavanjem mlaznih motora *Frank C. Whittle* (Frenk Uitl). On je 1930. patentirao turbo-mlazni motor i usavršio ga 1937, a prvi mlazni avion *Gloster E-39* dovršen je 1941. Drugi *Gloster F-40* uzletio je početkom 1943. Dvoreaktorski presretači *Gloster Meteor* izrađeni su tek 1945, tj. prekasno da bi se uvrstili u borbu prije njemačke kapitulacije. Ti su prvi britanski mlazni vojni avioni imali dva reaktora Rolls-Royce s kojima su dostizali brzinu od 790 km na sat, vrhunac leta od oko 13 000 m i dolet od 21150 km. Bili su naoružani s četiri topa od 30 mm.

Iako je ruski učenjak i izumitelj *Konstantin Ciolkovski* zamislio prvi reaktivni motor još 1903, a na usavršavanju takvih motora radio inženjer Cander od 1930, prvi je mlazni vojni avion, presretač *MiG-9* poletio tek početkom 1946.

Prvi američki mlazni lovac *Shooting Star* (Šuting Star) *F-80* uzletio je prvi put 1944.

Naglo povećanje aviona. U najnovije doba sve se češće čuju mišljenja da vojna avijacija prebrođuje tešku krizu. Dok se civilna avijacija razvija neslućenim poletom, jer se broj putnika i težina tereta na svim svjetskim prugama povećava godišnje za 25%, i dok se konstruiraju golemi transportni avioni s nosivošću do 700 putnika, dotle mnoge države napuštaju gradnju novih tipova vojnih aviona. U glavnim štabovima i parlamentima sve se češće raspravlja o tome nisu li upravljivi interkontinentalni projektili djelotvorniji, jeftiniji i uvijek moderniji od skupocjenih vojnih teških bombardera, koji su sve složeniji, jer se sve duže proučavaju, konstruiraju i grade, pa su već zastarjeli u trenutku kad se serijski počnu uvrštavati u vojne eskadrile.



Američki »Boeing B-47 Stratojet«, prvi put uzletio 1947. Ovi su izvrsni teški bombarderi uvršteni u strategijsko bombardersko zrakoplovstvo tek 1950. Do nedavno su bili glavna udarna snaga američkog vojnog zrakoplovstva, sastavljena od oko 2200 takvih aviona. Šest reaktora »General Electric« od 2360 kp, brzina 1014 km na sat, dolet 5150 km, vrhunac 12 800 m, nosivost 9800 kg, 2 topa od 20 mm



Američki »Lockheed F 104 Starfighter«, mlazni lovac i lovac bombarder, dovršen 1958. Izrađuje se po američkoj licenciji u Italiji, SR Njemačkoj, Japanu i Kanadi. Zbog čestih nesreća, kao da u nekim državama ovaj tip nije posve usavršen iako je u SAD osvojio mnoge svjetske rekorde brzine i vrhunca. Jedan reaktor »General Electric« od 7165 kp, brzina 2,2 Macha, dolet 2400 km, vrhunac 17 700 m, nosivost 2 t; naoružan šesterocijevnim topom od 20 mm i s 2-4 projektila

Velika Britanija, do nedavno druga zračna velesila u svijetu napušta mnoge i od svojih lakših tipova vojnih aviona. Tako je nedavno odustala od gradnje lovaca *L-1154* i od četveroreaktorskog vojnog transportnog aviona *HS-681*, a umjesto njih naručila je u SAD lovce *Phantom II* i četveromlažnjake *C-130 E*. Prepirke se u britanskom parlamentu nisu tada razbuktale samo zbog 30 000 radnika koji su ostali bez posla, nego i zbog toga, što je vojno zrakoplovstvo uopće zapalo u krizu. Kao glavno opravdanje vlada je navela goleme troškove za uzdržavanje vojne avijacije, jer vojni avioni postaju sve teži i skuplji.

Pod kraj rata 1945. težio je britanski lovac *Spitfire* (Spitfajr) 3300 kg, a njemački raketni *Messerschmitt Me-163* oko 4500 kg. U korejskom ratu 1953. mlazni presretač, pratilac i laki bombarder *Lockheed Shooting Star* (Šuting Star) težio je 7000 kg, francuski *Dassault Mirage III B* (Dasol Mirаž) iz 1951. oko 9000 kg, britanski *Mac-Donnell Phantom II* iz 1958. oko 25 000 kg, a najnoviji američki presretač *Lockheed SR-71*, koji leti brzinom od 3 Macha, teži je od 32 000 kg. Međutim, treba napomenuti, da su to najlakši tipovi aviona: lovci i presretači. Na isti način se povećavala i težina četveromotornih bombardera.

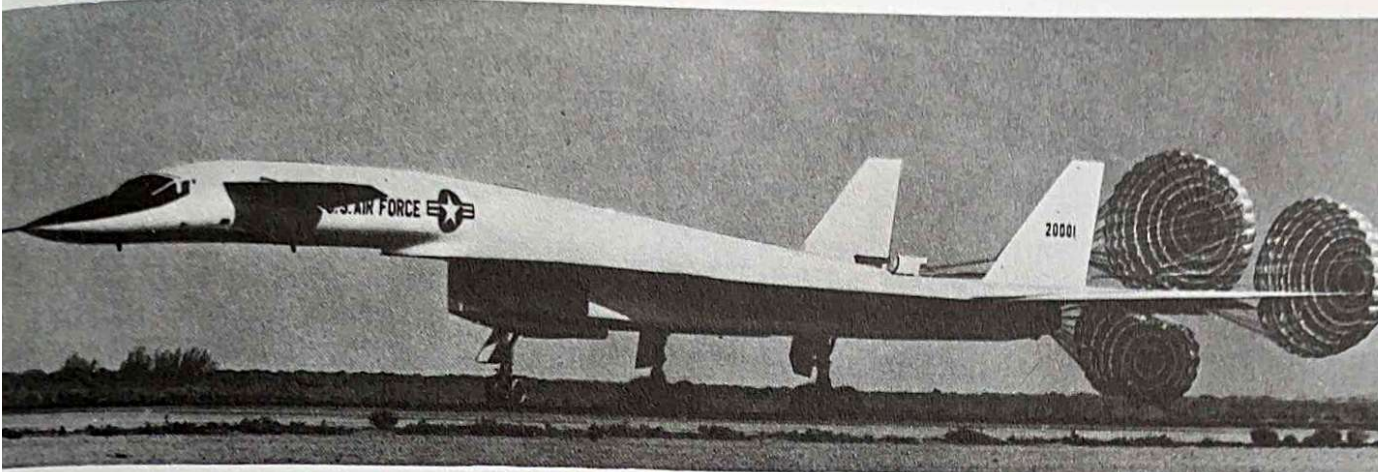
Za drugoga svjetskog rata bombarderi su oko 1945. težili od 20 000 do 30 000 kg, a neposredno poslije rata, oko 1947, težile su leteće supertvrđave *B-25* više od 63 000 kg. Četveromlazni *Stratojet* (Stratođet) iz 1948. težio je oko 91 000 kg, a posljednji tip te klase *B-52 H* iz 1962. premašio je težinu od 222 000 kg.

Nije samo povećanje aviona izazvalo poskupljenje nego i sve veći troškovi za teške radare i složenije uređaje za gađanje i točno izbacivanje upravljivih projektila. Osim toga, avione što lete brzinom od 3 Macha, treba graditi od osobitih vrsti čelika ili titana, koji su otporni protiv visokih temperatura, a to povećava troškove do astronomskih brojki.

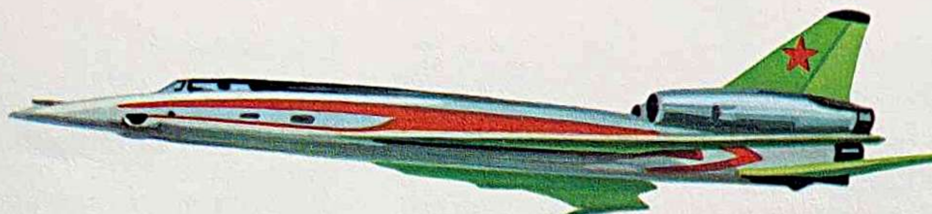
Unatoč velikim narudžbama i golemim financijskim sredstvima što ih daju državne blagajne, ipak nije lako graditi moderne avione ni najvećim tvornicama sa starom tradicijom. Najbolji je primjer američki presretač iz 1951. *Lockheed Starfighter* (Starfajter), koji leti brzinom od 2,2 Macha. Oko 1960. počele su graditi Starfightere u velikim serijama njemačke, belgijske, talijanske, japanske i kanadske tvornice. Svojstva su tih aviona u SAD izvrsna, ali druge se tvornice izvan SAD u serijskoj proizvodnji sukobljavaju s mnogo velikih teškoća, koje su smanjile kvalitet i toliko usporile rad, da će se evropski Starfighteri usavršiti onda, kad će se u SAD uvrstiti u vojne redove avioni koji lete brzinom od 3 Macha i koji će biti deset godina novije konstrukcije.



Sovjetski »Mjasiščev« četveroreaktorski nadzvučni bombarder velikog doleta i velike nosivosti. Sada najveći strategijski bombarder na svijetu. Brzina oko 2100 km. Naoružan je nuklearnim bombama i upravljivim projektilima u-u i u-z. Glavna sovjetska zračna snaga



»North American VB 70-A Valkyre«, teški bombarder s deltastim krilima, pod kutom od 65°. Ima 2 člana posade u nezavisnim kapsulama, koje se mogu izbaciti i pri nadzvučnim brzinama; 6 turbo-reaktora »General Electric J-93« od 14 000 kp, s naknadnim izgaranjem. Brzina 3228 km na sat, dolet oko 13 000 km, raspon 32 m, masa 227 000 kg



Sovjetski »Tupolev Tu-22«, nadzvučni strategijski srednji bombarder. Prvi put uzletio sredinom 1961. Dva reaktora od 12 000 kp tjeraju ga brzinom od oko 2200 km na sat. Vrhunac oko 19 500 m; naoružan je 1 topom od 37 mm i sa 6 projektila uzduh-zemlja. Može ponijeti daleko i najveći upravljivi projektil uzduh-zemlja s nuklearnim nabojem

Teški bombarderi sada su veoma rijetki avioni. Imaju ih samo dvije države na svijetu: SSSR i SAD. Sovjetski Savez prikazao je na dan avijacije 1961. četveromlazni teški bombarder *Mjasiščev* s deltastim krilom, koji je teži od 135 000 kg i leti brzinom od oko 2000 km na sat. To je do 1966. jedini nadzvučni teški bombarder u službi na svijetu.

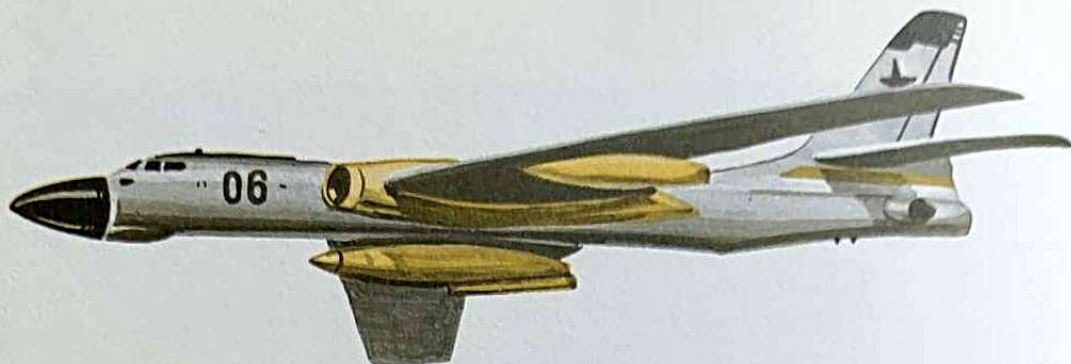
Poznatiji je teški bombarder *Tupolev Tu-20*, koji teži 165 000 kg. On ima četiri turbo-elisna motora od 14 800 KS, sa četiri para (ukupno 8) protuokretljivih elisa i leti brzinom od 800 km na sat, uz dolet od 12 500 km. Može nositi ispod trupa nadzvučni upravljivi projektil velikog dometa, a u nosu ima vrlo snažne radare. Međutim, zbog turbo-elisnog pogona više se ne može smatrati modernim bombarderom.

Sjedinjene Američke Države imaju samo jedan tip aviona koji se može nazvati teškim bombarderom. To je *Boeing Stratofortress B-52 A;* težak 159 000 kg, koji je prvi put uzletio 1954. Pošto su izrađena 744 takva aviona i nekoliko različnih podvrsta, 1962. dovršen je *B-52 H*, koji teži 222 000 kg. Osam reaktora daje mu brzinu od 1040 km na sat, uz dolet od 16 000 km. Osim bomba u trupu, nosi ispod krila dva projektila uzduh-zemlja (u-z) *Hound Dog* s nuklearnim nabojem razorne snage od 4 megatone trinitrotuola i dometom od 1000 km.

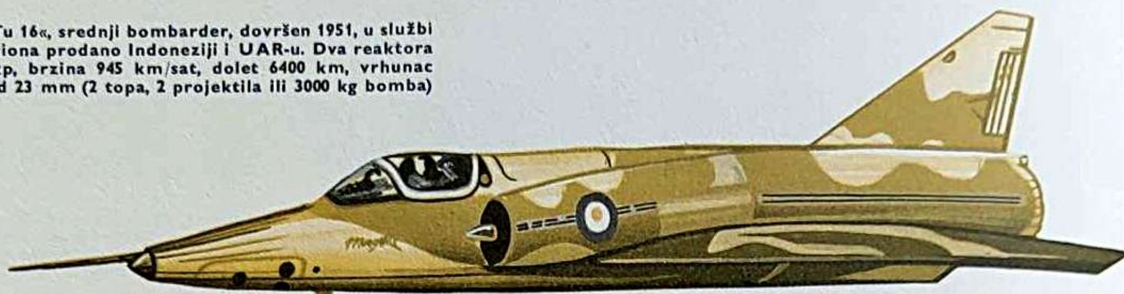
Iako američko vojno zrakoplovstvo nastoji više godina da se naruči 200 teških bombardera nadzvučne brzine od 3 Macha, vlada SAD se ne može odlučiti da odobri troškove, koji bi se popeli na deset milijardi dolara. Stoga se poboljšavaju avioni Stratofortress, kako bi se mogli održati u službi do 1975. Međutim, dovršen je prototip nadzvučnog bombardera *Boeing B-70* za brzinu od 3 Macha, koji još nije uvršten u bojnu službu.



Britanski »Avro 698 Vulcan MK 2«, četveromlazni srednji bombarder s deltastim krilom. Dovršen 1955, u britanskom ratnom zrakoplovstvu od 1958. Posada 5 ljudi. Četiri reaktora »Siddeley Olympus« od 7300 kp, brzina 1025 km na sat, vrhunac 18 000 m, dolet 6000 km, nosivost 10 t. Naoružan upravljivim projektilima i bombama (i nuklearnom)



Sovjetski »Tupolev Tu 16«, srednji bombarder, dovršen 1951, u službi od 1955. Nekoliko aviona prodano Indoneziji i UAR-u. Dva reaktora »Mikulin« od 9500 kp, brzina 945 km/sat, dolet 6400 km, vrhunac 13 000 m, 7 topova od 23 mm (2 topa, 2 projektila ili 3000 kg bomba)



Francuski »Dassault Mirage IV«, nadzvučni srednji bombarder s deltastim krilom pod kutom od 60°. Dva turbo-reaktora »Snecma Atar 9K« od 6800 kp, s naknadnim izgaranjem. Brzina 2450 km na sat, dolet do 6400 km, vrhunac 20 000 m; može dopunjavati gorivo u zraku; zaustavlja se padobranom; razno oružje, može ponijeti termonuklearnu bombu

Srednji bombarderi se grade u Velikoj Britaniji, SAD i SSSR. Velika Britanija ima srednje bombardere tipa V: *Vickers Valiant*, *Handley Page Victor* i *Avro Vulcan*, koji teže nešto više od 60 000 kg, a prvi put su uzletjeli 1951. i 1952. Sve su to četveromlažnjaci za brzinu od 1 Macha, ali su najstariji Vickers Valiant povučeni iz službe. Ti bombarderi nose nuklearne bombe i upravljive raketne projektile *Hawker-Siddeley Blue Steel* (Blu Stil), koji se kreću brzinom od 1,6 Macha, a domet im je 320 km.

Sovjetski Savez ima srednje bombardere *Tupolev Tu-16*, dvomlažnjake, koji lete brzinom od 950 km na sat, s doletom od 6400 km i teže oko 68 000 kg. Izrađuju se u serijama od god. 1954, a naoružani su topovima od 23 mm u kulicama, teškim bombama i projektilima uzduh-zemlja (u-z) velikog dometa.

Sjedinjene Američke Države raspolažu tipom srednjeg bombardera *General Dynamics B-58*, koji je prvi put uzletio 1958. Taj tip teži 75 000 kg, pa iako je osvojio više rekorda brzine do sada ih nije izrađeno više od 200.

Laki bombarderi. U ovu se klasu ubraja mnogo dvoreaktorskih tipova aviona, kojima se brzina kreće oko 2 Macha, a težina od 20 000 do 35 000 kg.

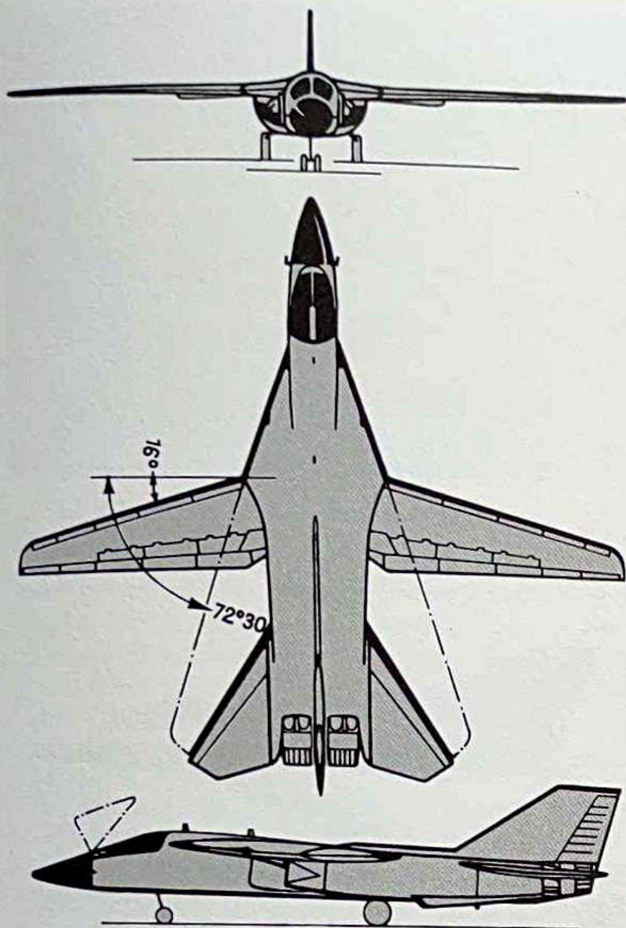
Francuska raspolaže tipom *Dassault Mirage IV* dvomlažnjakom za brzinu od 2,2 Macha, koji teži 31 600 kg. To je sada strategijski nuklearni bombarder, ali kasnije, kad se usavrši francuski balistički projektil zemlja-zemlja (z-z) velikog dometa, upotrebljavat će se kao taktički bombarder za manje daljine, jer mu je dolet relativno malen, samo oko 3200 km. Zbog toga je Francuska nabavila u SAD dvanaest aviona-tankera *Boeing KC-135* iz kojih lako bombarderi nadopunjuju gorivo u zraku.

Velika Britanija je izradila 1358 aviona (od toga 48 za Australiju) tipa *English Electric Canberra*, koji su prvi put uzletjeli 1949. Oko 400 takvih bombardera izrađeno je pod imenom *B-57* za zračne snage SAD. Bili su to dvoreaktorski avioni za brzinu od 1 Macha teški oko 22 000 kg.

Avione tipa Canberra imali su 1958. zamijeniti laki bombarderi *TSR-2* iz tvornica British Aircraft Corporation. Zbog financijskih teškoća gradnja se otezala i prvi su avioni uzletjeli tek 1964. Međutim, tada se pokazalo da su oni odviše skupi i spori. Zbog toga su tvornice obaviještene da prekinu dalje radove jer se tip *TSR-2* napušta, a u SAD su naručeni jeftiniji i brži laki bombarderi.

Američki »Convair General Dynamics Hustler B 58«, srednji nadzvučni bombarder deltastog krila. Dovršen 1957, a u službi zrakoplovnih snaga SAD od 1960. Četiri reaktora »General Electric« od 7075 kp, brzina 2 Macha, vrhunac 18 300 m, dolet 20 000 km, samo 3 člana posade; 1 top sa 6 okretljivih cijevi od 20 mm, projektil ili bomba (nuklearna) u odbacivom okućju ispod trupa





Američki »General Dynamics-Grumman F-111«, prvi lovac s promjenljivim kutom krila. Može sletjeti i na lošu stazu brzinom od 200 km na sat i letjeti nadzvučnom brzinom od 2,5 Macha na visini od 150 i 18 000 m. Tip A za vojno zrakoplovstvo i tip B za nosače aviona. Dva dvoprotočna turbo-reaktora »Pratt and Whitney TF30-A20« s naknadnim izgaranjem. Dva člana posade su u kapsuli, koja se može izbaciti raketom i spustiti padobranom. Masa pri uzletu 35 000 kg; oružje: nuklearne bombe i sve vrste različnih upravljivih projektila. Nije ispunio sve uvjete stoga se više ne gradi

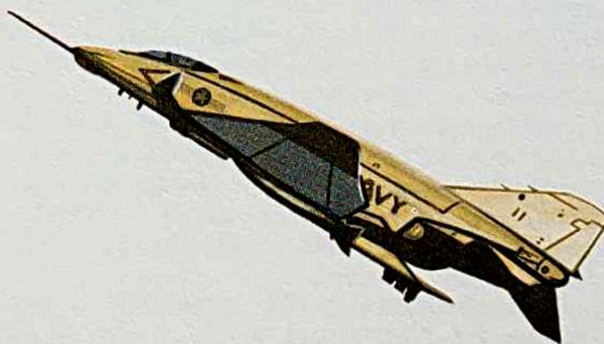
U Sjedinjenim Američkim Državama prva je 1951. tvornica Republic konstruirala lake bombardere za brzinu od 2,2 Macha. Ti su avioni *F-105 Thunderchief* (Tanderčif), teški 25 000 kg, prvi put uzletjeli 1955. U početku su klasificirani kao lovci bombarderi, a kasnije kao taktički lovci. Od 1958. najviše ih je u američkim zračnim snagama u Saveznoj Republici Njemačkoj. Oni su različito naoružani: od topova od 20 mm do nuklearne bombe i upravljivih projektila *Martin Bullpup AMG-12 D* od 800 kg, s nuklearnim nabojem u glavi i dometom od oko 10 km.

Za nosače aviona američke ratne mornarice izrađeni su laki bombarderi *McDonnell Phantom II* koji su prvi put uzletjeli 1958. To su dvoreaktorski avioni teški 24 800 kg, kao tip Thunderchief, ali su brži; lete brzinom od 2,6 Macha. I oni nose veoma različito naoružanje, od projektila uzduh-uzduh (u-u) za zračnu borbu, do nuklearne bombe ili projektila *Bullpup* uzduh-zemlja (u-z) s nuklearnim nabojem.

Nakon toga gradile su se dvije podvrste tog tipa: *F-111 A* težak 35 000 kg za zračne snage i *F-111 B* težak 31 000 kg za nosače aviona. Međutim, kad je glavni štab odredio da avioni za sve dijelove vojne sile moraju biti jednaki, izrađen je dvoreaktorski avion *F-111*. To je prvi vojni avion na svijetu s promjenljivim kutom krila. Pri uzlijetanju i slijetanju krila su pod kutom od 16°, a pri letenju nadzvučnom brzinom od 2,6 Macha može se u zraku povećati kut do 72°30'. Avioni *F-111* konstruirali su se i gradili veoma užurbano. Naručeni su u tvornicama General Dynamicsa u novembru 1962, a prototip je prvi put uzletio 21. XII 1964, ali su se u službi pokazala loša svojstva krila.



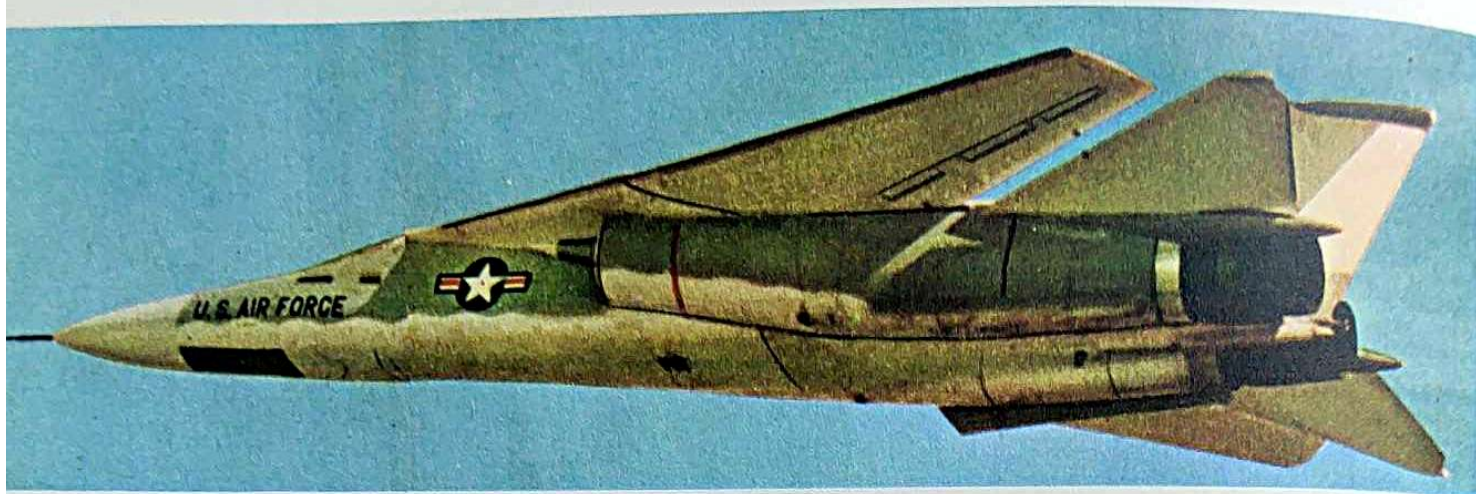
Američki »Republic F-105 Thunderchief«, lovac bombarder, jednosjed, u službi od 1960. Navigacijski i nišanski radar, foto-oprema. Reaktor »Pratt and Whitney«, 12 030 kp, brzina 2,25 Macha, vrhunac 15 900 m, dolet 3400 km, 1 šestocijevni top od 20 mm, 4 projektila



Američki »McDonnell F 4 Phantom II«, nadzvučni presretač i jurišni bombarder, dvosjed, u mornarici SAD od 1964. Navigacijski i nišanski radar, uređaj za dopunu goriva u zraku, 2 reaktora »General Electric« od 7500 kp, brzina 2 Macha, dolet 2800 km, vrhunac 21 600 m, nosivost 7 t; 1 top od 30 mm, 6—8 projektila u-u ili u-z, 22 bombe



Britanski »English Electric Canberra«, dvoreaktorski laki bombarder, u službi od 1952. u RAF-u, Indiji, Venezueli i Peruu. Izrađeno je više od 1600 aviona u 17 različnih vrsta. Dva reaktora »Rolls-Royce« od 3357 kp, brzina 871 km na sat, dolet 5840 km, vrhunac 15 600 m, nosivost 3 t. Naoružan s četiri topa od 30 mm, nosi 2000 kg bomba



Američki »F-111 A« za vojno zrakoplovstvo i »F-111 B« za nosače aviona, lovac i lovac bombarder. Prvi vojni avion sa sklopljivim krilima, koja se mogu raširiti pod kutom od 16° i sklopiti do kuta od 72°30' pri nadzvučnom letu. Raspon raširenih krila 19,2 m, a sklopljenih 9,6 m. Duljina 22 m, masa 35 000 kg. Dva dvoprotočna turbo-reaktora »Pratt and Whitney« od 9072 kg, brzina 2,5 Macha, dolet 6100 km, vrhunac 18 300 m, nosivost 8,1 t. Uzlijeće i slijeće s privremeno uređenih staza, može letjeti nadzvučnom brzinom i na malim visinama. Nosi nuklearnu bombu i 6 projektila u-u ili u-z, 2 člana posade, kapsula se sa sjedištem može izbaciti i spustiti padobranom. »F-111 B« ima veći raspon

Presretači. Modernim presretačima smatraju se sada samo oni koji lete brzinom od 2 i više Macha, a takvi avioni nisu stariji od petnaest godina.

U Sjedinjenim Američkim Državama najstariji je *Lockheed F-104 Starfighter*, koji je naručen u početku 1953, a prvi je put uzletio 5. II 1954. Ima jedan reaktor General Electric J 79, a posljednji tip *F-104 G* teži 13 050 kg. Starfighteri se nalaze u zračnim snagama SAD, Belgije, Italije, Japana, Kanade, Nizozemske, Norveške i Savezne Republike Njemačke. Nose veoma različito oružje: od projektila *Sidewinder* (Sajdvinder) za zračnu borbu (u-u) do bombi i projektila *Bullpup* (u-z) s nuklearnim nabojem.

Velika Britanija dovršila je pod kraj 1954. presretače *English Electric Lightning* (Ingliš Elektrik Lajtning) za brzinu od 2 Macha, koji su uvršteni u RAF 1960. i nose topove od 30 mm ili projektile uzduh-uzduh (u-u) *Howker Siddeley Red Top*.

Francuska ima od 1956. presretače *Dassault-Mirage III*. Nakon toga izradila je više od dvanaest podvrsta, od običnih presretača Mirage III C do lovaca velikog doleta Mirage III E i izviđača Mirage III R. Nekoliko od tih vrsta nalazi se u vojnim avijacijama Izraela, Švicarske, Australije i Južnoafričke Republike.



Sovjetski »Mikojan-Gurevič MiG 19« nadzvučni lovac jednosjed, iz 1955. Dva mlazna motora »Klimov« od 4000 kp, brzina 1,4 Macha, dolet 1370 km, vrhunac 17 680 m, 1 top od 37 i 2 topa od 23 mm

Sovjetski Savez ima slične avione s deltastim krilima tipa Mig. Presretač *Mig-12* (Mikojan-Gurevič) prikazan je prvi put 1956. Teži 6000 kg, ima jedan turbo-reaktor od 6000 kg i jedan raketni motor od 3000 kp potiska. Leti brzinom od 2 Macha. Pri slijetanju upotrebljava padobran za kočenje na sletnoj stazi. Naoružan je topom i projektilima. Noviji tip *Mig-23*, koji je prvi put prikazan 1961. ima dva reaktora i leti brzinom od 3 Macha.



Sovjetski »Mikojan-Gurevič MIG 23«, posljednji tip nadzvučnog lovca jednosjeda, u službi sovjetskih zračnih snaga od 1965. Dva mlazna motora »Klimov« od 11 000 kp, brzina 3 Macha, dolet 700 km, vrhunac 30 000 m, naoružan s dva topa od 30 mm i s 2–4 projektila u-u

Francuski »Dassault-Mirage III« lovac i lovac bombarder s deltastim krilom, pod kutom od 60°, jednosjed. Nepropusna i klimatizirana kabina, iz koje se mogu izbaciti sjedišta i spustiti padobranom. Turbo-reaktor »Snecma Atar 9 C« od 6400 kp. Brzina 2,15 Macha, dolet 1200 km, vrhunac 25 000 m, masa 13 000 kg, duljina 15 m, raspon 8,3 m. Oružje: projektil u-u. »Matra R-350«. Dva topa od 30 mm, više bomba, 2 projektila u-u »Sidewinder«, više projektila u-z »AS 30«. Tip »III-R« je izviđač, tip »III-V« jest VTOL, a tip »III-B« školski dvosjed



Lovački avioni se konstruiraju prvenstveno za razaranje ciljeva na zemlji: tenkova, oklopnih vozila i sl. Oni se u konstrukcijskim osobinama gotovo ne razlikuju od presretača, samo su drukčije naoružani. Na njima, uz oružje za samoobranu od presretača, prevladavaju projektili uzduh-zemlja (u-z). U posljednje vrijeme sve se užurbanije proučavaju novi tipovi lovaca, koji bi uzlijetali i slijetali gotovo vertikalno.

Modernim lovačkim avionima velikih brzina do 3 Macha potrebna su veoma duga uzletišta s tvrdom korom. Ali kako će lovci uzlijetati u ratu ako nuklearne bombe razore sva uzletišta možda već nekoliko minuta poslije početka neprijateljstva? Zbog takva slučaja taktika Atlantskog pakta predvidjela je stvaranje malih uporišta za najviše 3 lovca tipa Fiat G-91, koji bi poletjeli iz jednog uporišta, izvršili bi zadatak i prešli na drugo uporište na proplanku neke šume, uz neku farmu, zaselak ili dvorac, gdje bi se zaklonilo gorivo i municija. Prije nego što bi neprijatelj otkrio to uporište, eskadrila bi se premjestila na drugo mjesto. Ako se uzmu samo 3 lovca na svakom terenu i pet uzleta dnevno, te ako se uporište mijenja samo svaki dan, ako avion troši na svakom letu 2 tone goriva i 1 tonu municije, vidi se da za jedan dan treba dovesti $3 \times 5 \times 3 = 45$ tona goriva i municije, a sve to treba dovući kamionima i cisternama. Uz to su još potrebe radionice za popravak instrumenata, oružja i motora, pa i za otklanjanje oštećenja. Osim toga, uza svaku farmu treba organizirati i obranu. Kad se sve to uzme u obzir, vidi se da premještanje i takve male baze nije jednostavno, pogotovu kad se mora vršiti pod neprijateljskom vatrom. Ipak je najteže pitanje uzlijetanje jer ni najmanji lovci više nisu onakvi kakvi su bili u prošlim ratovima, osobito 1914—18, kada su mogli uzlijetati i s običnih livada. Trebalo je, dakle, izraditi posebnu vrst taktičkih lovaca koji se mogu uzdići uspravno ili gotovo okomito, tj. s veoma kratkim zaletom. Zbog toga se danas ispituju i sve više grade lovački avioni koji se mogu uzdići uspravno s uzletišta, a isto tako i spustiti.



Američki »Lockheed U-2«, mlazni lovac izviđač za velike visine, tzv. »špijunski avion« u kojem je oboren američki pilot Powers iznad SSSR-a. Jedan reaktor »Pratt and Whitney« brzina 740 km na sat, vrhunac 27 000 m, dolet 4200 km. Jednosjed. Ima izvrsno usavršene radare i fotografske aparate za snimanje vojnih objekata iz velike visine

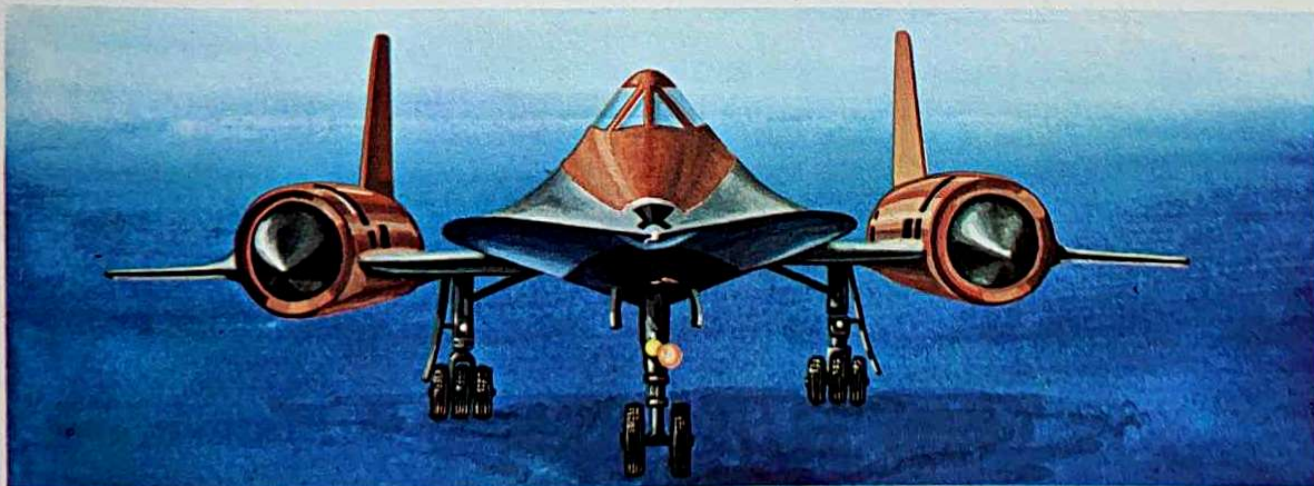


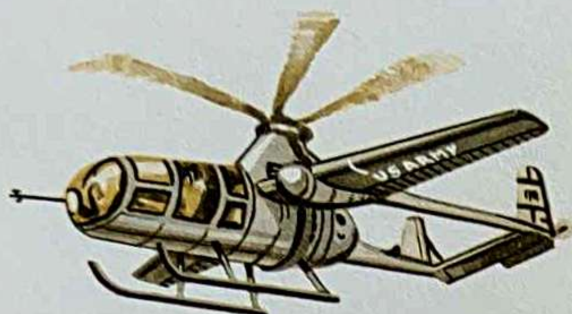
Jugoslavenski dvoreaktorski lovac »Galeb« domaće konstrukcije i izradbe. Dva reaktora »Turbomeca Marborè«. Prvi put izložen u Parizu 1963. Noviji je iz 1967. lovac bombarder »Jastreb«. Jedan reaktor 1360 kp, brzina 820 km na sat, dolet 1170 km, nosivost 500 kg

Stol i vtol su engleske kratice za karakteristike aviona koji mogu uzlijetati i slijetati vrlo strmo i vertikalno.

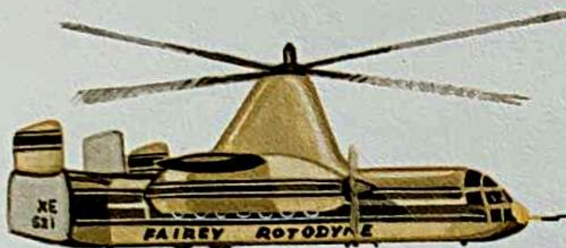
Prvi zrakoplov, francuski slobodni balon Montgolfier, uzdigao se vertikalno. Tako su uzlijetali i svi ostali zrakoplovi prije letjelica »težih od zraka«. Kad se pojavio prvi avion, promijenio se i način uzlijetanja i slijetanja jer avion mora na zemlji dostići određenu brzinu kako bi stvorio sile, koje ga dižu s tla. Od prvog Wrightovog aviona pa do nedavno, avioni nisu mogli uzletjeti sa zemlje ni sletjeti na nju, ako pod sobom nisu imali glatku stazu ili vodenu površinu, koje su morale biti to duže, što su avioni bili brži i teži.

Američki »Lockheed SR-71«, daleki izviđač, blizanac lovca A11. Sav od titanija, masa 32 t, 2 reaktora »Pratt and Whitney«, brzina 3,5 Macha, vrhunac oko 27 000 m, dolet oko 5000 km; još se usavršava





Američki prototip i pokusni avion »McDonnell XV-1, kombinirani aparat s motorom od 550 KS. Ima jedan velik rotor za vertikalni uzlet i jednu manju elisu za vodoravni let. Brzina oko 320 km na sat



Američki »Fairey Rotodyne« iz 1957. Prototip aviona s rotorom i 2 elise. Dvije turbine »Rolls Royce«. Brzina 322 km na sat, dolet 1045 km, prevozi 70 putnika ili 8200 kg robe. Izrađeno je samo 10 aviona

Učenjaci i izumitelji su i prije prvog aviona pomišljali kako bi izradili stroj teži od zraka, koji bi se vertikalno dizao sa zemlje. Takav je stroj prvi nacrtao *Leonardo da Vinci.* Poslije njega mnogi su konstruktori izrađivali takve letjelice, ali s malo uspjeha. Tek oko 1930. izradili su Španjolac *La Cierva*, Francuz *Breguet*, Nijemac *Focke* i Englez *Weir* prve letjelice poput helikoptera, koje su doduše dobro uzlijetale i slijetale, ali su bile teške, spore i veoma složene. Tako osjetljive strojeve nitko nije htio kupiti.

Helikopteri su se usavršavali još punih deset godina, a tek 1939. izradio je *Sikorsky* prvi pouzdane aparate *VS 30*, i od tada su se oni sve više gradili i poboljšavali. Vatreno krštenje u borbi helikopteri su doživjeli u korejskom ratu od 1950. do 1953. Međutim, u tom su ratu zapaženi i njihovi krupni nedostaci: sporost, malena nosivost i ograničena daljina letenja (dolet).

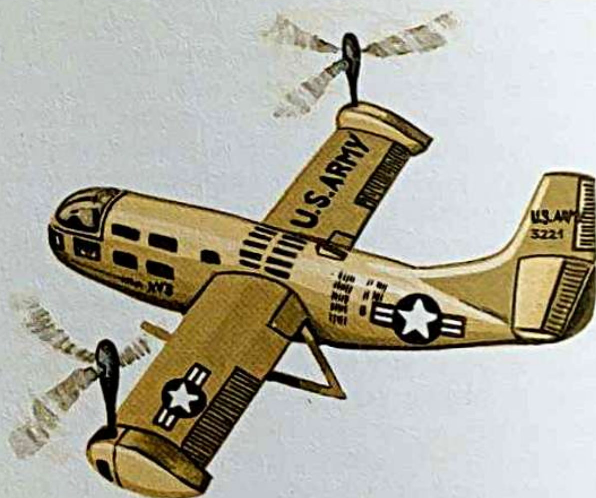
Avioni su u ko ejskom ratu letjeli velikim brzinama i nosili teške terete do velikih daljina, ali za njih su se morale graditi vrlo duge i skupe uzletno-sletne staze, za koje na korejskom tlu nije bilo lako naći pogodna zemljišta. Kad je američko vojno zrakoplovstvo moralo napustiti veliki aerodrom kod Seula, teški avioni su morali uzlijetati sa staza, koje su bile na brzu ruku izgrađene, u dubokoj pozadini, više stotina kilometara daleko od prve borbene linije.

Zbog toga što nije bilo uzletišta, američki štab je odmah naručio veoma mnogo sve većih helikoptera, ali je istodobno od američkih konstruktora zahtijevao da izrade neku novu vrst letjelica, u kojima bi se sjedinila dobra uzletno-sletna svojstva helikoptera s brzinom i nosivošću aviona. Od tada se u Americi počelo govoriti o avionima *stol i vtol.*

Stol su početna slova engleskih riječi u rečenici *short take-of and landing* (šort tejk-ov end lending = kratko uzlijetanje i slijetanje), a *vtol* su početna slova riječi u karakteristici *vertical take-of and landing* (vertikalno uzlijetanje i slijetanje).

Nakon stečenih iskustava u korejskom ratu, gotovo sve velike tvornice u svijetu počele su proučavati što bi trebalo uraditi da avioni, unatoč težini od više tona i velikoj brzini, uzmognu uzletjeti s vrlo kratke staze, koja ne bi bila dulja od 300 ili 400 m. Mnoge su tvornice uspješno riješile prvi zadatak i danas već ima mnogo tipova aviona s karakteristikama stol.

Drugi je zadatak mnogo složeniji. Pri proučavanju konstrukcija sa svojstvima vtol, tvornice su pronašle dva rješenja: *kombinirani* (sastavljeni) i *konvertibilni* (pretvorivi) tip aviona.

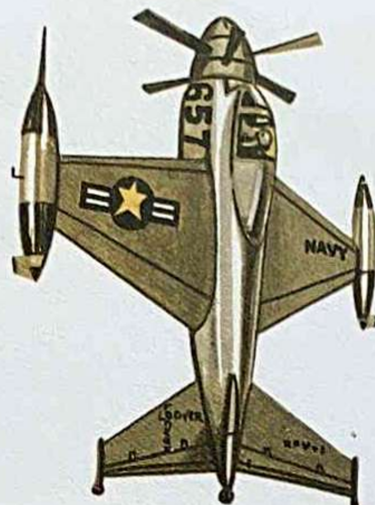


Američki »Bell XV-3«, predložen zrakoplovstvu SAD 1955. Dvije veće elise okrenute vertikalno dižu avion uspravno, a zakrenute vodoravno tjeraju ga brzinom od 283 km/sat, 2 motora »Pratt and Whitney«



Američki konvertibilni avion »Hiller X-18« iz 1959. Dvije protuokretljive elise mogu se zakrenuti vodoravno i uspravno. Elise i poseban reaktor u repu aviona, tjeraju ga brzinom od 400 km/sat







Lijevo: američki mornarički »Convair XFY-1«, pokusni avion. Uzlijeće uspravno i spušta se na rep. Motor »Allison« od 5850 KS. Sredina: američki »Lockheed XFV-1«, pokusni avion s dvostrukom elisom. Motor »Allison«, 5850 KS, zbog opasnog slijetanja napušten. Desno: američki »Ryan X-13 Vertijet«, reaktor »Rolls-Royce« uzlijetao s vertikalne rampe. Napušten zbog opasnog slijetanja

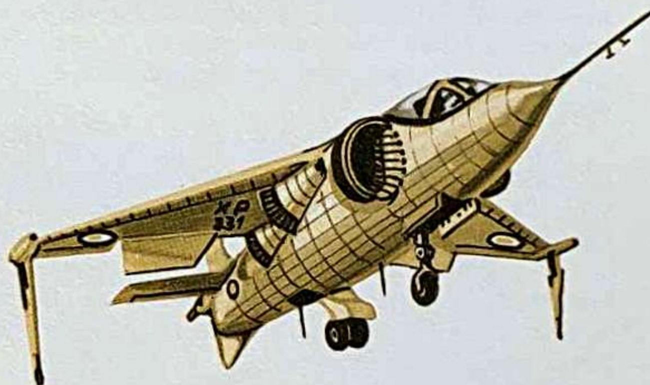
Kombinirani tip vtol ima dijelova koji su svojstveni helikopterima i dijelova, koji pripadaju avionskoj opremi. Sastavljeni su od helikopterskog rotora, koji letjelicu diže, i avionskih elisa, koje je gone pri vodoravnom letu. Jedan od prvih kombiniranih tipova vtol bio je avion *McDonnell XV 1*, izrađen 1955.

Tvornica Fairey izradila je 1957. kombinirani avion vtol *Fairey Rotodyne* za 70 putnika ili 8170 kg tereta, koji je prvi put uzletio 1957, a kasnije se gradio u maloj seriji. Rotodyne je imao rotor i dvije elise, a sve to su okretale dvije turbine Rolls-Royce. Rotodyne je dostizao brzinu od 322 km na sat i dolet od oko 1000 km.

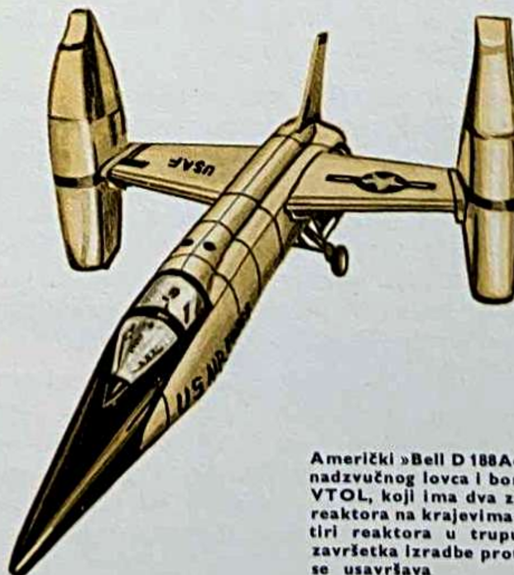
Prvi avion s karakteristikom vtol konvertibilnog tipa predložila je američkoj armiji tvornica Bell. Bio je to avion vtol *Bell XV 3*, na kojemu su iste elise velikog promjera, zakrenute s osovinama u vertikalan položaj, dizale avion, a kad su se zakrenule s osovinama u vodoravan položaj, tjerale su ga brzinom od 282 km na sat.

Nakon toga izrađen je 1957. konvertibilni avion *Vertol VZ 2 A* sa zakretljivim krilima. Jedan motor Lycoming od 900 KS tjerao je dvije elise, koje su dizale avion kad su krila s elisama bila zakrenuta prema gore, a nakon zakretanja krila u normalan položaj, tjerale su ga u vodoravnom letu brzinom od 320 km na sat.

God. 1958. izradila je tvornica Ryan protopip aviona vtol *Ryan VZ 3RRV Vertiplane*. Na tom se jednomotornom avionu iskorištavao za vertikalno uzlijetanje tlak zraka što su ga potiskivale dvije elise na veoma velika zakrilca, koja su se pri uzlijetanju zakrenula okomito prema dolje.



Američki »Hawker P 1127« iz 1958, prvi je VTOL konvertibilni vojni lovac i izviđač jednosjed, koji se izrađuje u seriji i dalje usavršava. Prvi je put uzletio 1960. Ima samo jedan reaktor Bristol-Siddeley Pegasus. Sve su četiri reaktorske mlaznice okretljive



Američki »Bell D 188A« prototip nadzvučnog lovca i bombardera VTOL, koji ima dva zakretljiva reaktora na krajevima krila i četiri reaktora u trupu. Nakon završetka izradbe prototipa, još se usavršava



Britanski »Short SC 1«, projektiran 1956. Prvi je put uzletio 1957. Kombinirani avion s četiri reaktora Rolls-Royce, koji mu daju uzgon, a peti reaktor u repu. Dostiže vodoravnu brzinu od oko 360 km na sat. Iako je prototip zadovoljio usavršava se sličan aparat



Francuski aparat »Snecma C 450 Coleoptère« s valjkastim krilom za bolje uspravno uzlijetanje i slijetanje na rep. Reaktor »Snecma Atar«, brzina 800 km na sat, vrhunac 3000 m, trajanje leta oko 25 min.

Tvornica Hiller projektirala je 1956, a izradila 1959, prototip konvertibilnog aviona vtol *Hiller X 18*, koji je prvi put uzletio 1959. Taj je avion, sa zakretljivim krilima, imao dvije turbine Allison, koje su okretale četiri protuokretljive elise na krilima, a istodobno i jedan reaktor u repu. Na pokusnim letovima avion je dostigao brzinu od 400 km na sat.

Tvornica Convair, Lockheed i Ryan izradile su od 1954. do 1957. svaka po jedan prototip aviona vtol. Ta su tri aviona stajala na uzletištu uspravno na repu. Uzlijetali su vertikalno, a jednako su i slijetali, natraške na rep, opreznim smanjivanjem vučne snage elise. Kako je takvo spuštanje bilo veoma teško i opasno, izrađena su samo ta tri prototipa.

Na sličan način se vertikalno diže i spušta francuski prototip neobičnog aviona *Snecma C 450 Coleoptère*, koji je izrađen 1955. On je imao posve okruglo krilo, kao valjak, a jedan reaktor Snecma Atar tjerao ga je brzinom od 800 km na sat. Mogao se dići do visine od 3000 m i zadržati se u zraku oko 25 minuta.

Kad su se usavršili mlazni motori, tvornice reaktora Rolls-Royce i Snecma, s tvornicama aviona Bell, Short, Hawker i Dassault, počele su proučavati i nove tipove mlaznih aviona s karakteristikama vtol. Pri izradbi planova opet su se konstrukcijski razvila dva tipa. Jedni su konstruktori izrađivali mlazne motore, kojima se mlazovi mogu usmjeriti prema dolje pri uzlijetanju, a vodoravno pri horizontalnom letu.

Prvi avion vtol te vrste, britanski *Hawker P 1127*, projektiran 1957, prvi put je uzletio 1960. i počeo se izrađivati u seriji. On ima jedan dvoprotočni reaktor Bristol-Siddeley Pegasus s potiskom od 9000 kg i leti brzinom od 1,2 Macha. Pri vertikalnom uzlijetanju i slijetanju mlazovi se usmjeruju prema dolje.

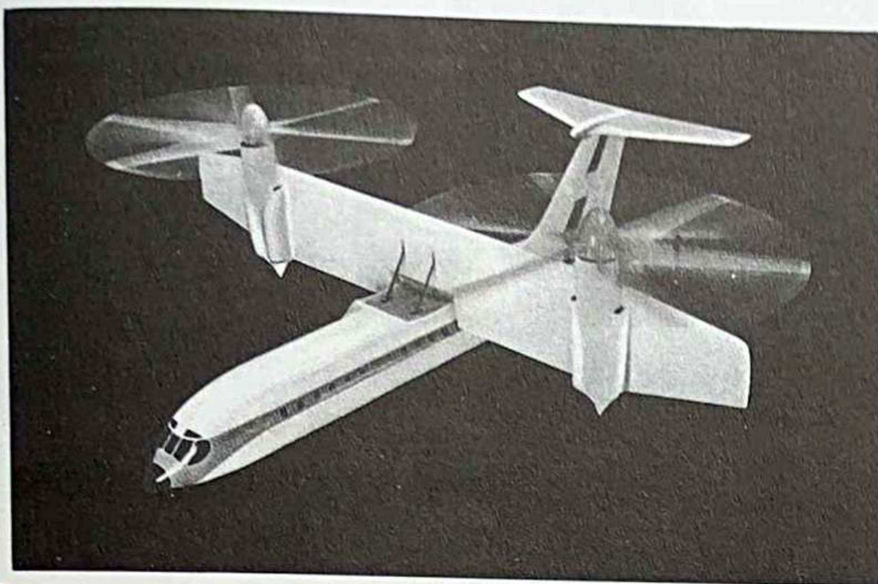
Drugi su se konstruktori odlučili za avione s kombiniranim pogonom, koji su imali jedan glavni reaktor za horizontalni potisak i, osim toga, nekoliko lakih vertikalnih reaktora s vertikalnim mlazom, koji su stvarali uzgon. Za takve avione trebalo je usavršiti posve male, ali pouzdane i lake reaktore, kojima je odnos težine prema potisku bio kao 1 : 15 i više.

Prvi kombinirani avion vtol bio je *Short SC 1*, koji je projektiran 1956. i prvi put uzletio 1957. On ima u repu jedan glavni reaktor Rolls-Royce, koji mu daje brzinu od 360 km na sat pri horizontalnom letu, a u trupu još četiri uzgonska reaktora Rolls-Royce koji ga dižu vertikalno.

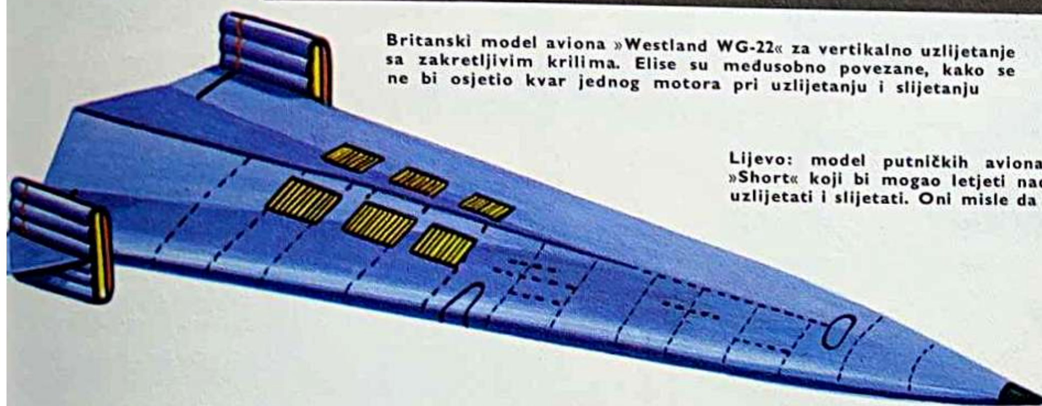
Drugi kombinirani avion vtol bio je francuski pokusni lovac *Dassault Balzac V*, koji je prvi put uzletio 1962. On je imao jedan reaktor Bristol-Siddeley Orpheus od 2200 kg i osam lakih turbo-reaktora Rolls-Royce RB 108, po četiri sa svake strane trupa, s potiskom od 1000 kp.



Američki »Vought-Hiller-Ryan XC-142 A«, pokusni VTOL tip aviona »Hiller X-18« iz 1964, 4 elise s motorima na zakretljivim krilima



Britanski model aviona »Westland WG-22« za vertikalno uzlijetanje sa zakretljivim krilima. Elise su međusobno povezane, kako se ne bi osjetio kvar jednog motora pri uzlijetanju i slijetanju



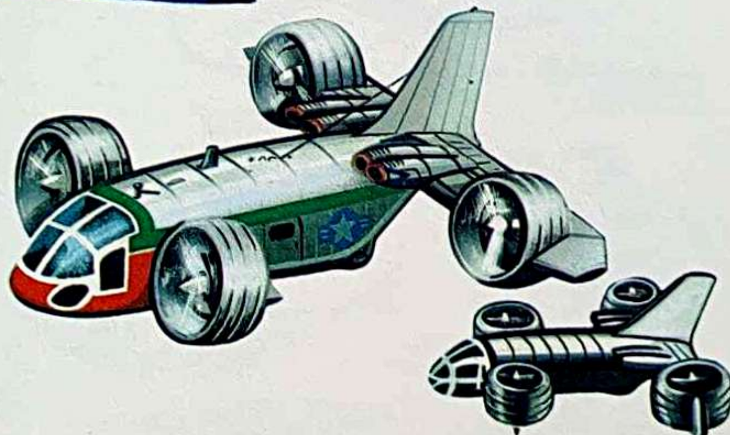
Lijevo: model putničkih aviona, britanskih inženjera tvornice »Short« koji bi mogao letjeti nadzvučnom brzinom te vertikalno uzlijetati i slijetati. Oni misle da bi se mogao izraditi za 10 godina

Kako je avion Balzac na pokusima pokazao dobra svojstva, francusko zrakoplovstvo je naručilo serijski tip *Dassault-Mirage III-V* s glavnim reaktorom Snecma od 9300 kp i osam uzgonskih turbo-reaktora Rolls-Royce od 2000 kp, koji je uskoro pojačan na 2500 kp. Prvi avion iz te serije uzletio je 1965. i dostigao brzinu od 2 Macha.

Tvornica Bell izradila je prototip lovca bombardera vtol *Bell D 188 A* s vrlo malim krilima i sa dva zakretljiva turbo-reaktora na krajevima krila, koji će ga tjerati brzinom od 2 Macha, te s četiri uzgonska reaktora u trupu. Taj će avion iz faze vertikalnog dizanja krenuti u horizontalni let u vremenu od samo 60 sekundi.

Vertikalno uzlijetanje i slijetanje bilo bi od velike koristi i civilnim avionima, jer bi se mogli spuštati na većim trgovima usred gradova. Tako bi se riješilo pitanje aerodroma, koji postaju sve veći, pa se zbog toga moraju graditi sve dalje od gradskih središta. Međutim, prije toga treba još mnogo usavršiti avione s osobinama vtol, jer će moderni veliki civilni avioni uskoro letjeti nadzvučnim brzinama od 3 Macha.

Kad se uzme u obzir, koliko je napredovala avijacija u proteklih šezdeset godina, možda će se uskoro pojaviti i avioni o kakvim sada i ne slutimo.



Američki »Bell X-22«, pokusni avion VTOL i STOL, izrađen za ratnu mornaricu, iz 1963. Četiri turbine »General Electric« okreću četiri elise u sapnicama. Pri uzlijetanju sapnice su vodoravne, a pri vodoravnom letu okrenu se u uspravan položaj. Avion uzlijeće okomito sa zemlje. Prevozi 6 putnika ili 1700 kg tereta na srednje daljine, brzina oko 600 km na sat. Dosad su izrađeni samo pokusni tipovi

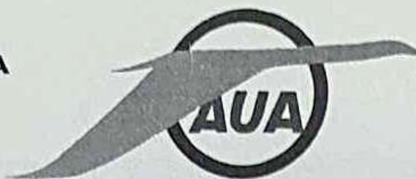


Francuski »Dassault-Balzac V« iz 1962. Pokusni VTOL tip lovca »Mirage III«. Prvi put uzletio 1943. Jedan potisni reaktor »Bristol-Siddeley«. 8 reaktora »Rolls-Royce« dižu ga i drže uzgonom

ZNAKOVI ZRAKOPLOVNIH PODUZEĆA

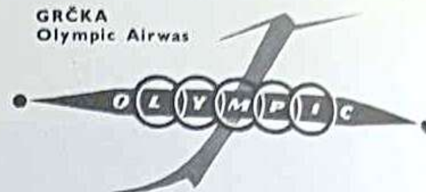


MEĐUNARODNA UDRUGA TRANSPORTNOG ZRAKOPLOVSTVA
International Air Transport Association



AUSTRIJA
Austrian Airlines

GRČKA
Olympic Airwas





JUGOSLAVIJA
Jugoslavenski aerotransport



AUSTRALIJA
Trans-Australia-Airlines



NIZOZEMSKA
Koninklijke Luchtvaart Maatschappij



VELIKA BRITANIJA
Pacific Northern Air Lines



VENEZUELA
S. A. Venezolana International de Aviacion



SR NJEMAČKA
Deutsche Lufthansa A. G.



ITALIJA
Linee Aeree Italiane

VELIKA BRITANIJA
British Oversears Airways Corporation





ČEHOSLOVAČKA
Československé Aerolinie



SJEDINJENE AMERIČKE DRŽAVE
Trans World Airlines



SKANDINAVSKA UDRUGA
Scandinavian Airlines System

NJEMAČKA DR
Interflug





ISLAND
Loftleiðir, The Icelandic Airlines



NIGERIJA
Nigerian Airways



TAIVAN
China Airlines



SAVEZ SOVJETSKIH SOCIJALISTIČKIH REPUBLIKA
Aeroflot



JUŽNOAFRIČKA REPUBLIKA
South African Airways



JAPAN
Japan Air Lines



ŠVICARSKA
Swissair



CEJLON
Air Ceylon



TURSKA
Türk Hava Yollari



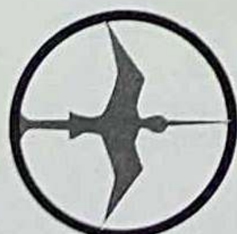
VELIKA BRITANIJA
British European Airways



IRSKA
Aer Lingus Irish



ETIOPIJA
Ethiopian Airlines



NOVI ZELAND
New Zealand National Airways Corporation



ŠPANJOLSKA
Air Lines of Spain



RUMUNJSKA
Tarom, Transporturile Aeriene Romane



VENEZUELA
Aerovias Venezolanas

SJEDINJENE AMERIČKE DRŽAVE
Pan American Airways





MAĐARSKA
Magyar Legikozlekedesi Vallalat





SJEDINJENE AMERIČKE DRŽAVE
American Airlines

FRANCUSKA
Air France



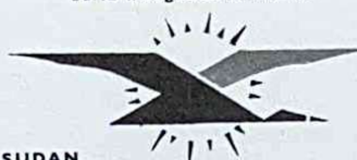
PORTUGAL
Transportes Aereos Portugueses



IZRAEL
El Al Izrael Airlines



BELGIJA
Societé anonyme d' exploitation de la navigation aerienne



SUDAN
Sudan Airways



POLJSKA
Polske linie lotnicze



BAHAMA
Air Bahama

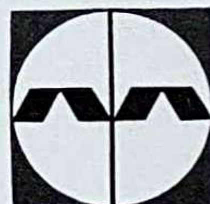


IRAN
Iran Air



KUVAJT
Kuwait Airways Corporation

JUGOSLAVIJA
Adria Aviopromet



JUŽNI VIJETNAM
Air Vijetnam





KANADA
Air Canada



LIBAN
Middle East Airlines, Air Liban



PAKISTAN
Pakistan International Airlines



FINSKA
Finnair



ARGENTINA
Aerolineas Argentinas

ZNAKOVI RASPOZNAVANJA VOJNIH ZRAKOPLOVA



JUGOSLAVIJA



FRANCUSKA



NORVEŠKA



SSSR



SAD



ŠVICARSKA



TAJVAN



ITALIJA



BRAZIL



VELIKA BRITANIJA



SR NJEMAČKA



ŠPANJOLSKA



PORTUGAL



JAPAN



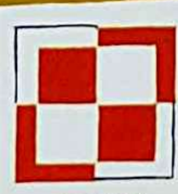
ŠVEDSKA



BELGIJA



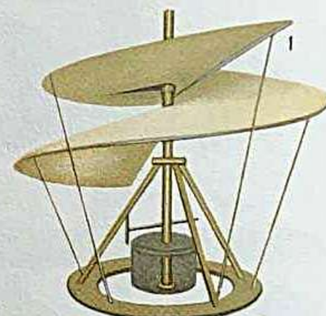
KANADA



POLJSKA



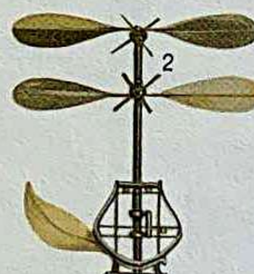
Sovjetski »Mil Mi-10«, najveća dizalica na svijetu. Peterokraki rotor, promjer 35 m, 2 turbine »Solovjev D25V« od 8100 KS, brzina 270 km/sat, vrhunac 3000 m, dolet 630 km, masa 45 t (prazan 27 t), gorivo 7 t, gorivo u vanjskim spremnicima 2 t, čista nosivost 16 t. U tipu »10-K« pilot je u ostakljenoj kupoli ispod nosa okrenut prema repu kako bi bolje vidio teret obješen ispod trupa

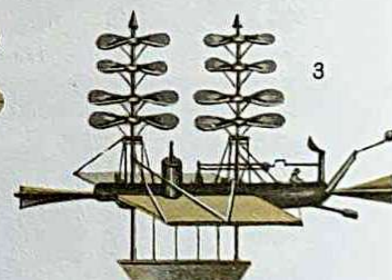


HELIKOPTERI

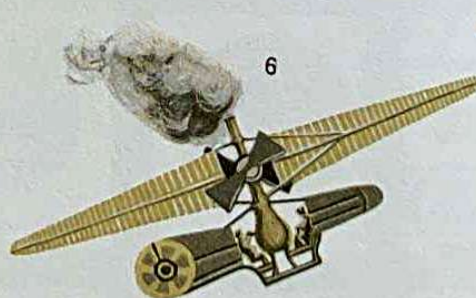
Prve zamisli helikoptera: 1. spirala Leonarda da Vincija iz 1488, 2. Brightov koaksijalni aparat iz 1859, 3. La Lamdelle je 1864. odustao od gradnje helikoptera s osam rotora, kosim plohama i padobranom, 4. Melikov helikopter na eterske pare s elisom i padobranom iz 1877, 5. Dieaude je 1878. izradio aparat u kojemu je vodena para puhala u četiri rotora, 6. Hureau de Villeneuve izradio je model s dva parna stroja, potisni s elisom u sapnici i uzgoni usred krmilnog krila, 7. helikopter što ga je 1863. izradio Ponton D'Amercourt nije mogao uzletjeti, 8. Castelov aparat na stlačeni zrak iz 1878, 9. Pomes de Pause je 1871. izradio neuspjeli helikopter na barut

Helikopter (od grč. heliks = spirala, pteron = krilo) je letjelica koja se diže, lebdi u zraku, kreće se i spušta uzgonskom i pogonskom silom rotora što ga okreće motor. Diže se i spušta okomito na uzletište, a promjenom nagiba svakog pojedinog kraka na rotoru može letjeti naprijed, natrag te bočno lijevo i desno.



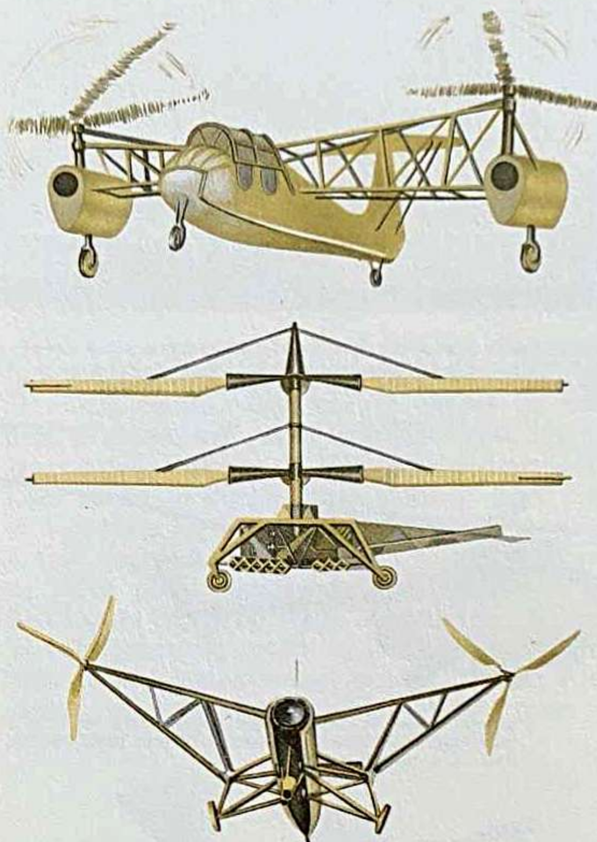


Razvoj helikoptera. Prvu skicu helikoptera izradio je 1488. *Leonardo da Vinci*. On je nacrtao dvije spirale na uspravnoj osovini, koje je morao okretati jedan čovjek. Poslije tri stotine godina izradio je Rus *Mihajlo Lomonosov* model helikoptera koji je imao dva četverokraka rotora što ih je navijeno pero okretalo u protivnim smjerovima. God. 1842. *Horatio Phillips* napravio je jednorotorni helikopter s parnim pogonom. Para je istjecala iz cjevčica reaktivna tipa na krajevima rotorskih krakova. Od mnogih modela izrađenih u XIX st. isticao se model *Bernharda Beenera* (Benera) dovršen 1897. Njegov rotor je imao 16 krakova kojima se mogao davati različit nagibni kut. Da se trup helikoptera ne bi okretao u smjeru protivnom od smjera okretanja rotora, model je, prvi na svijetu, imao repni pomoćni rotor.

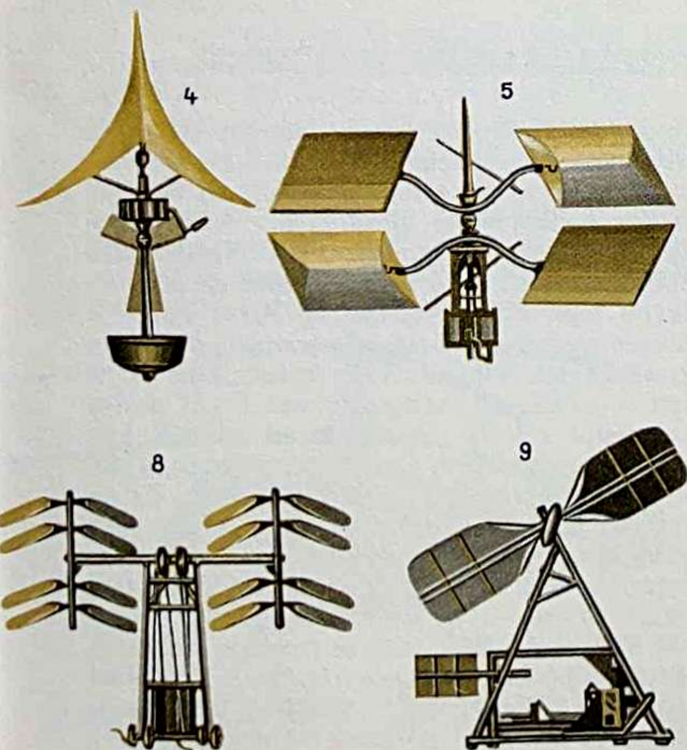




Konstruktorima helikoptera, jednako kao i pionirima aviona u XIX st., nedostajao je pogodan motor. Zbog toga su uspjeli modeli izrađeni tek pošto su se pojavili laki benzinski motori. Francuz *Charles Renoud* (Renu) prvi se 1904. podizao helikopterom sa zemlje, a *Louis Breguet* (Brege) uzdigao se 1907. s privezanim helikopterom 1,5 m visoko. Helikopter *Paula Cornua* (Pola Kornija) sa dva motora od 24 KS lebdio je 1907. slobodno u zraku jednu minutu. U SAD se 1908. uzdigao *Emile Berliner*, a u Rusiji je 1910. inženjer *Ivan Sikorsky* konstruirao helikopter sa 2 rotora koji se uzdizao sa zemlje bez pilota. Danac *John Ellehammer* izradio je aparat koji se digao s pilotom do visine od 1 m. U ratu 1914—1918. mnogi su pokušavali izraditi helikopter koji bi se privezan za zemlju upotrebljavao za izviđanje umjesto privezana balona. Time su se 1916. bavili u Austriji *Stephan Petroczy* (Petroci) i *Teodor Karman*. Njihov se helikopter, težak 1814 kg, privezan dizao do 50 m i lebdio u zraku oko pola sata. Poslije rata radili su na usavršavanju helikoptera mnogi konstruktori u Evropi i u Americi, ali svi su se njihovi aparati mogli samo dizati i spuštati. Teže je bilo izraditi helikopter koji bi se i kretao u vodoravnom smjeru. Prvi korak u izradi takve nove vrsti letjelice, koja je nazvana *autožir* (od grč. autos = sam, gyros = = kriv, okrugao), učinio je španjolski inženjer *Juan de la Cierva* (Huan de la Sjerva). On je izradio rotor sa zglobno učvršćenim gibljivim krakovima kojima se moglo upravljati. Idući korak učinio je Talijan *Coradino d'Ascanio* (Koradino Askanio). Njegov se helikopter 1930. dizao 18 m visoko, lebdio je stabilno u zraku gotovo 9 min., kretao se u svim smjerovima i prevalio 1 km za 1 min.



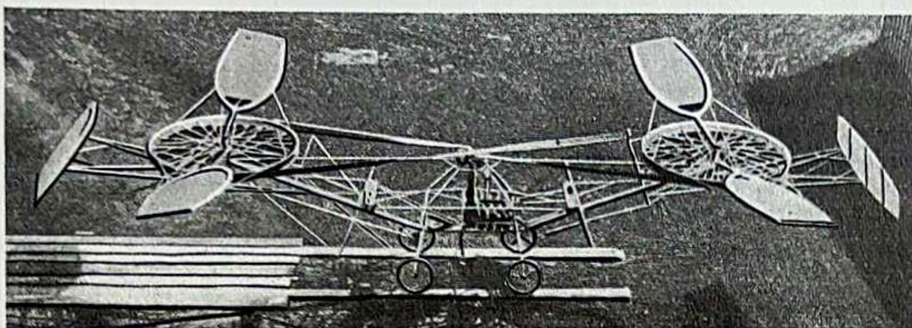
Gore: sovjetski dvomotorni dvorotorski dvosjed »Omega 22« iz 1941. Sredina: shema helikoptera Coradina d'Ascania iz 1930, vrhunac 18 m. Dolje: Henrich Focke »FW 61« uzdizao se 1937. do 3425 m



Prvi upotrebljiv helikopter izradio je 1937. Nijemac *Henrich Focke* (Foke). Njegov aparat *Focke-Achgelis FW 61* sa dva paralelno ugrađena rotora dostigao je visinu od 3425 m, letio je 1 sat i 20 min. i prevalio 230 km brzinom od 120 km na sat.

Za usavršenje helikoptera mnogo je uradio Sikorsky koji se iz Rusije iselio u SAD. On je 1941. sagradio helikopter *VS-300* s glavnim uzgonim i pomoćnim repnim rotorom. Kasnije je na VS-300 namjestio gumene plovke tako da je helikopter postao amfibija koja se mogla spustiti i na vodu.

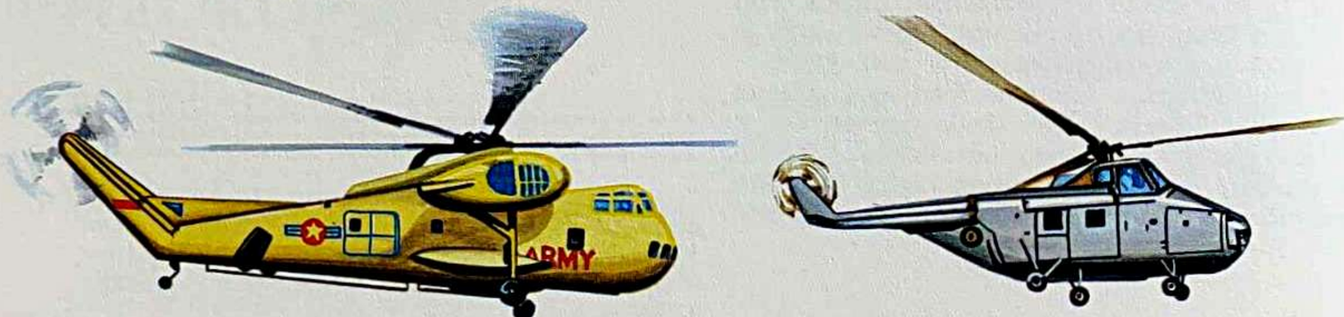
Za drugoga svjetskog rata, od 1939. do 1945, helikopteri su se najviše izrađivali u SAD i Njemačkoj. U SAD je 1942. Sikorsky dovršio nov i vrlo dobar tip *XR-4*, a u ratu je izrađeno više od 400 takvih helikoptera. U Njemačkoj je usavršavan Fockeov helikopter i izrađen tip *Focke-Achgelis 223*, a zatim je Anton Flettner izradio nekoliko helikoptera tipa *FL-265* i *FL-282*. U Sovjetskom Savezu su I. P. Bratuhin i B. N. Jurjev konstruirali veoma dobar helikopter *Omega* sa dva usporedna rotora.



Francuz Cornu (Korni) iz Lillea izradio je helikopter težak 200 kg s jednim benzinskim motorom od 24 KS. S uspravnim krilcima aparat se brzo dizao do visine od oko 2 m. Kad se lijevo krilce spustilo u vodoravan položaj, aparat se kretao udesno, jer je zrak, potisnut rotorom udarao u desno krilce



Lijevo: sovjetski civilni i vojni aparat »MIL MI-4« za 11 putnika, motor »ASH-82 V«, 1700 KS, brzina 160 km/sat, dolet 400 km. Desno: sovjetski-helikopter »MIL MI-10«, 2 turbine »Solovjev« od 5700 KS, nosivost 16 t, brzina 270 km/sat, dolet 630 km



Lijevo: američki jurišni helikopter »Sikorsky S 56«, prevozi 26 vojnika; 2 motora od 2100 KS, brz. 185 km/sat, dolet 233 km. Desno: britanski »Westland Whirlwind 3«, nosi 9 putnika, turbina »Gnôme«, brzina 167 km/sat, dolet 510 km

Dugo su se vremena konstruirali helikopteri na mlazni pogon. Vrlo skroman mlazni helikopter prvi je izradio Fridrich Doblhof, ali kako je neusavršen reaktor trošio 9 puta više goriva nego klipni motor, aparat nije mogao letjeti dulje od 15 minuta. U drugim se državama u to vrijeme vrlo malo radilo na usavršavanju helikoptera.

Poslije drugoga svjetskog rata, oko 1946, gradili su se helikopteri u velikim serijama za civilne i vojne potrebe. U SAD najviše je helikoptera izradila tvornica Sikorsky. Najuspjeliji su bili: četverosjed *S-51*, dvanaesterosjed *S-55*, petnaesterosjed *S-58* i teški tip *S-56*. Tvornica *Hoppi-Copters* izradila je najmanji helikopter, koji se mogao nositi na leđima, s motorom od 20 KS. Kasnije je na tom aparatu ugrađen tronožni stajni trap.

U Sovjetskom Savezu serijsku gradnju pokrenuo je 1949. konstruktor helikoptera M. L. Mil. Prvi je njegov tip bio jednorotorski trosjed *Mi-1*. Tipom Mi-*4* osvojeni su međunarodni rekordi u brzini vodoravnog leta od 187 km na sat i nosivosti s teretom od 2 tone do visine od 6018 m. Teškim helikopterom konstruktora A. S. Jakovljeva, *Jak-24*, dostignut je 1955. međunarodni rekord nosivosti od 4 tone do visine od 2000 m. Nakon toga Mil je izradio tip *Mi-6*, kojim je osvojen međunarodni rekord nosivosti od 12 tona do visine od 2000 m. Treći konstruktor N. I. Kamov izradio je izvrstan dvosjed *Ka-15* sa dva koaksijalna rotora, s motorom od 275 KS, koji se i sada upotrebljava u najrazličnije svrhe, a ponajviše za zaprašivanje bilja u ratarstvu. Za civilne aeroklubove izrađuje A. Gusljak vrlo lake jednosjede s jednim dvocilindarskim motorom motocikla, koji teže 200 kg i u vodoravnom letu dostižu brzinu od 90 km na sat.

U Velikoj Britaniji ističu se tvornice Westland, i Bristol tipovima: *Widgeon* (Uidžen), *Whirlwind* (Uerluind), *Westminster*, *Sycamore* (Sikemer), *Wessex* (Uesiks) i *Wasp-Scout* (Uosp-Skaut).



Francuski lovac podmornica »Sud Aviation SE 3210 Super Frelon«. 3 motora »Turbomeca«, brzina 220 km/sat, dolet 800 km, nosi 4500 kg

U Francuskoj je jedna privatna tvornica (SNCASE) izrađivala mlazne helikoptere tipa *Alouette* (č. Aluét = Galeb), a druga tvornica (SNCASO) mlazne helikoptere *Djinn*. Pošto su 1957. te dvije tvornice nacionalizirane i ujedinjene, nastalo je poduzeće *Sud-Aviation* (Sidaviasión), koje je izradilo i novi tip mlaznog helikoptera *SE 3200 Frélon*.

Sada izrađuju helikoptere još: Brazil (*Beija-Flor*), Čehoslovačka (*Omnipol*), Japan (*Kawasaki*), Italija (*Agosta* i *Manzolini*), Jugoslavija (*Soko*, Mostar), Južnoafrička Republika (*Rotorcraft*), Kanada (*Avian*), Poljska (*Swidnik*) i dr.

Vrste helikoptera. Od veoma mnogo različitih vrsta helikoptera, koji su se izrađivali od prvih početaka do sada, prevladala su dva osnovna tipa: jednorotorni i dvorotorni.

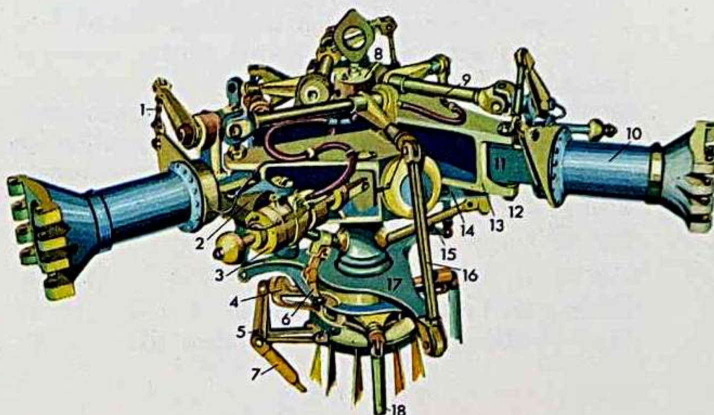
Dvorotornih helikoptera ima dvije vrste: s rotorima u *tandemu* (sprezi), kad je jedan rotor na jednom kraju, a drugi na drugom kraju trupa, i s *koaksijalnim* (suosnim) rotorima, kad oba rotora sa svojim osovinama imadu istu uspravnu konstrukcijsku os.

I prema vrsti pogona razlikuju se dvije vrste helikoptera: jedni imaju posredan pogon (motor okreće rotorske osovine, a one tjeraju krakove), na drugim mlazovi reaktivnog motora izlaze iz mlaznica na krajevima rotorskih krakova i tako neposredno okreću krakove.

Helikopteri mogu imati stajni trap za pristajanje na zemlju ili plovni trap, najčešće gumene plovke, za spuštanje na vodu. Prvi su *kopneni* helikopteri, a drugi helikopteri *amfibije*.

Opis helikoptera. Helikopter nema elise za kretanje u vodoravnom smjeru ni krila koja bi ga uzgonom držala u zraku, već samo rotor, golemu elisu sa 2—4 kraka koji se okreću u vodoravnoj ravnini oko uspravne osovine. Da bi se helikopter mogao uzdizati i spuštati većom ili manjom brzinom i lebdjeti na stalnoj visini, rotor mora biti tako izrađen da se svim rotorskim krakovima može istodobno i podjednako mijenjati nagibni kut, ili stručno kazano, da se krakovima rotora može mijenjati *korak*.

Korakom se smatra onaj put što ga prevali brodski vijak, avionska elisa, helikopterski rotor ili obični čelični vijak kad se okrene za jedan puni krug od 360°. Ako se čelični vijak pri uvijanju u drvo i okretu od 360° zarije u drvo 1 mm, kaže se da je korak takva vijka 1 mm. Tako se i brodski vijak s korakom od 1 m pomakne u vodi naprijed (ili natrag) za 1 m ako se okrene za jedan puni okretaj od 360°. Korak je duži kad lopate brodskog vijka, odnosno krakovi elise ili helikopterskog rotora imaju veći nagibni kut. Kad bi se krakovi rotora postavili posve vodoravno, tj. s korakom ravnim ništici, rotor pri okretanju ne bi stvarao nikakva uzgona.

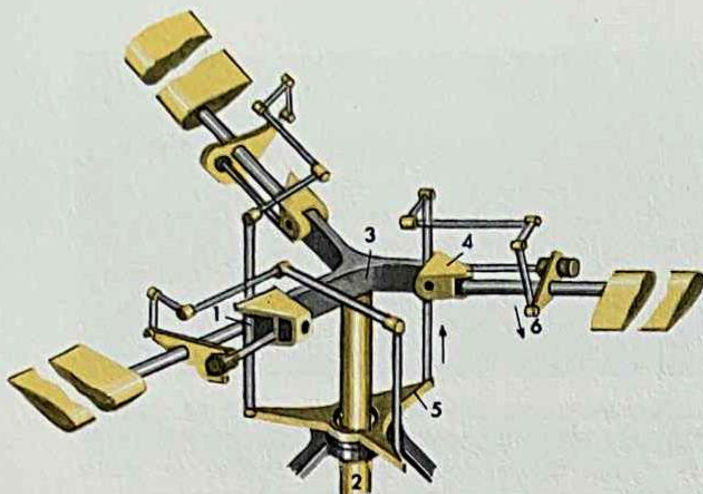


Sklop rotorske glave helikoptera »Sikorsky S-51«: 1. potisno-povlačna poluga, 2. viljuška regulatora (amortizera), 3. regulator (amortizer), 4. nepomična zvijezda, 5. nepomične nožice, 6. obrtne nožice, 7. bočni podizač, 8. spremnik ulja, 9. obrtna cijev, 10. rukavac, 11. osovina rukavca, 12. svornjak zgloba, 13. pokretni članak, 14. oslona ploča za krakove rotora, 15. nosač oslone ploče za krakove, 16. potisno-povlačna poluga, 17. obrtna zvijezda, 18. stražnje dizalo zvijezde





Lijevo: sovjetski »Kamov KA-18«, koaksijalni rotori, četverosjed, motor 275 KS, brz. 120 km/sat, vrh. 3500 m, dolet 400 km. Desno: »Jakovljev Jak-24«, najbrojniji sovjetski vojni helikopter s 2 rotora u tandemu, nosi 40 vojnika, 2 protutenkovska topa ili 3 automobila, ukupno 5 t. 2 motora »Švestov« od 1700 KS, brzina 155 km na sat, vrhunac 550 m



Oglavina helikoptera »Sikorsky S-51«: 1. potisna motka za promjenu koraka, 2. zamašna osovina, 3. oglavina, 4. zglob s amortizerom, 5. ploča za promjenu koraka, 6. poluga za promjenu koraka

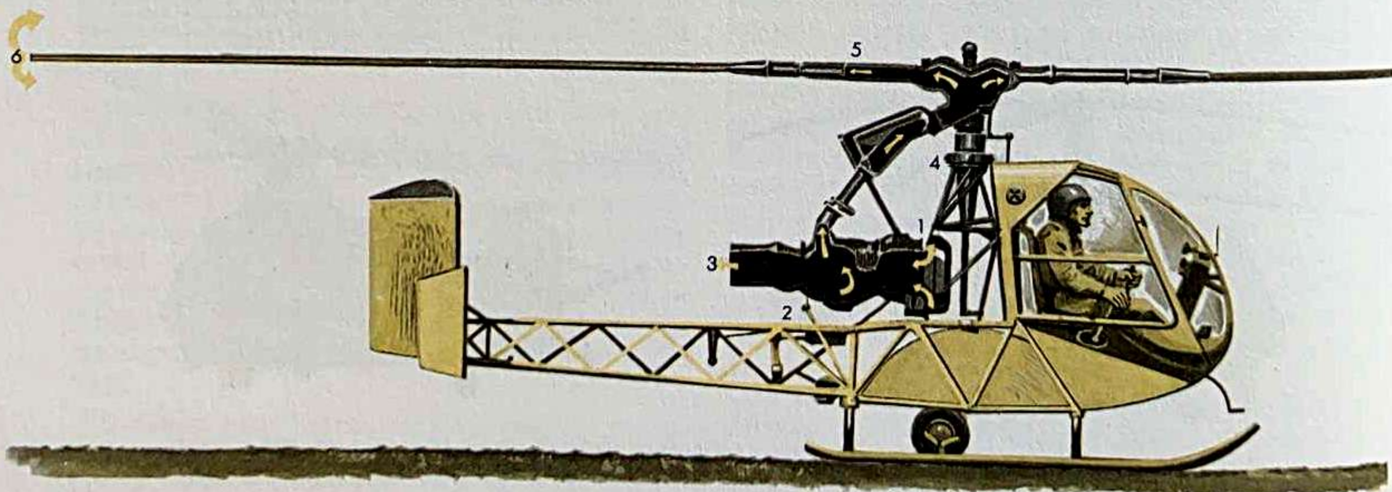
Da bi se helikopter kretao naprijed, mora svaki pojedini krak rotora zahvaćati više zraka kad se kreće prema natrag, a manje zraka kad se giba prema naprijed. Da bi se to postiglo, mora se korak rotorskih krakova mijenjati kod svakog pola kruga. Najveći korak ima krak u onom trenutku kad se nalazi naprijed, a najmanji kada je usmjeren prema natrag. Korak je najveći kad je rotorski krak okrenut prema smjeru kamo se helikopter kreće. Ako se krakovi zakrenu tako da najveći korak bude onda kad se nalaze desno, helikopter se kreće poprijeko udesno. Ako se podesi da najveći korak ima onaj krak rotora koji je usmjeren prema natrag, helikopter se kreće natraške.

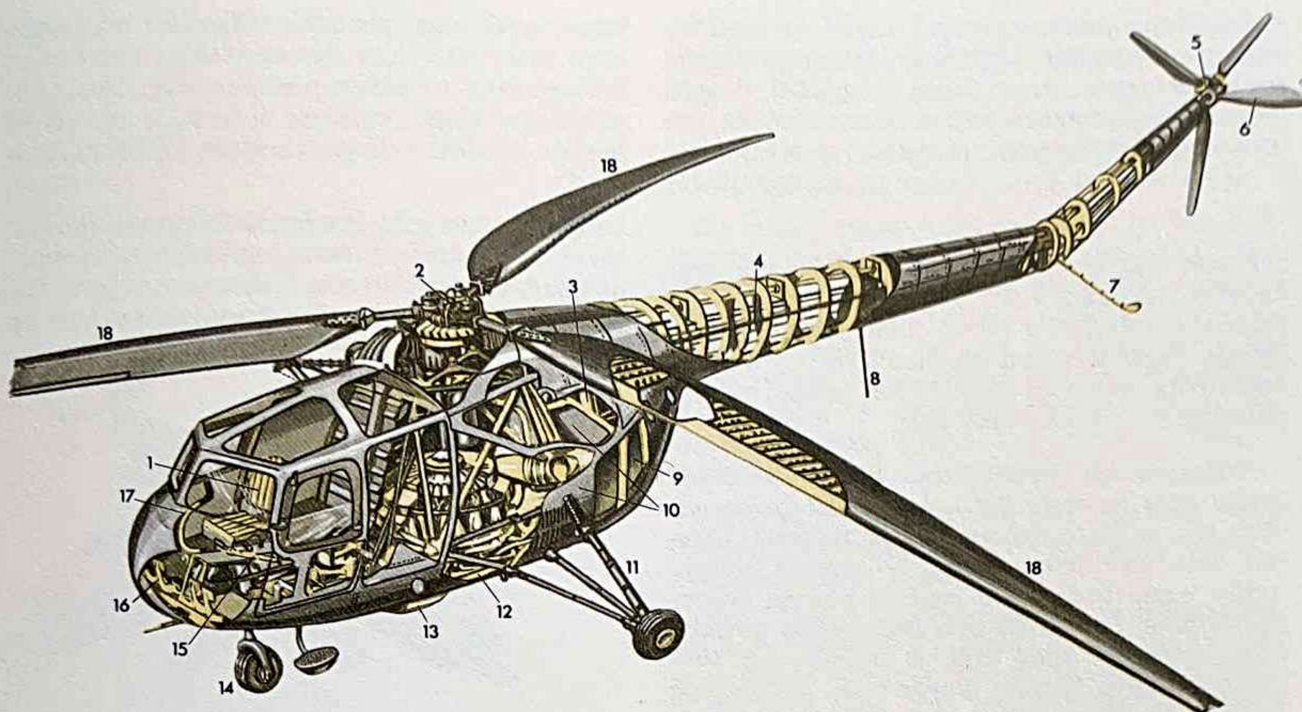
Kad se korak izjednači na svim krakovima rotora, helikopter se diže uspravno uvis. Ako se svim krakovima malo, ali podjednako smanji korak, helikopter lebdi nepomično u zraku, a ako se još smanji korak, on se polagano spušta. Prvu skupnu i polukružnu (cikličku) promjenu koraka na rotorskim krakovima predložio je 1912. Rus *Boris Jurev* (*Jurjev*). Međutim, dugo je vremena prošlo dok se glava rotora usavršila jer je ona najsloženiji dio helikoptera, i o njezinu je usavršavanju zavisio razvoj helikoptera.

Ako motor u zraku zataji, rotor usporava spuštanje helikoptera slobodnim okretanjem zbog djelovanja zračnog otpora, kao što se i vjetrenjača okreće na vjetru. Ni slobodno okretanje nije bilo lako riješiti, jer se rotor mora brzo okretati. Što se rotor brže okreće to helikopter sporije pada. Kad bi se rotor posve zaustavio, helikopter bi pao kao kamen jer mu mala površina rotorskih krakova ne može ublažiti padanje. U slučaju takva kvara slijetanje je sigurnije ako se helikopter ne spušta okomito na zemlju, nego koso prema naprijed. Kut planiranja može se podešavati nagibom, čime se postizava da odnos brzine propadanja i brzine leta bude kao 1 : 8, a to je dovoljno za sigurno slijetanje.

Pri konstrukciji osobito je teško otkloniti reakciju rotora na trup helikoptera. Motor preko uspravne osovine okreće krakove rotora, ali zbog reakcije krakova rotor bi u protivnom smjeru okretao čitav helikopter kad se ne bi na neki način poništio taj reaktivni moment okretanja (torzija). To se postizava na dva načina: sa dva rotora koji se okreću u suprotnim smjerovima, ili malim pomoćnim rotorom na repu koji se okreće u okomitoj ravnini i suprotstavlja se torziji. Taj mali pomoćni rotor služi i kao krmilo jer se mijenjanjem njegova koraka može rep helikoptera skrenuti desno i lijevo.

Francuski helikopter »Djinn« na neposredni pogon rotora sa stlačenim zrakom: 1. ulaz zraka, 2. kompresor, 3. mlaznica za višak zraka koji aparatu daje veću vodoravnu brzinu, 4. oglavina rotora, 5. šuplji kraj rotora, 6. mlaznica stlačenog zraka, koji reakcijom okreće rotor





Presjek helikoptera: 1. kabina sa sjedištem pilota, 2. glavni zglob rotora, 3. radio-primopredajnik, 4. osovina repne elise, 5. repna elisa za stabilizaciju smjera, 6. repni stabilizator, 7. drljača, 8. radio-antena, 9. prostor za robu ili prtljag, 10. spremnici za gorivo, 11. lijevi kotač stajnog trapa, 12. pogonski motor, 13. otvor za ulazak zraka u rasplinjač, 14. nosni kotač, 15. pomoćna upravljačka poluga, 16. pedali ubrzavača motora za rotor i repnu elisu, 17. glavna upravljačka palica, 18. krakovi

Danas ima helikoptera i na mlazni pogon. Mlaz se stvara malim praskavo-mlaznim ili turbo-mlaznim motorima koji su namješteni na krajevima rotora, ili se kompresorom na plinsko-turbinski pogon, smještenom u trupu helikoptera, tlači zrak koji zatim prolazi cijevima kroz rotore i izlazi snažnim mlazom kroz mlaznice na krajevima rotorskih krakova.

Oprema helikoptera sliči opremi aviona, ali uređaj za upravljanje ponešto se razlikuje. Svaki helikopter ima dvije komandne palice i nožnu polugu (pedal). Uspravnom palicom, koju pilot pomiče desnom rukom, helikopter se upravlja u vodoravnu letu: nagibanjem palice u željenom smjeru naginje se rotor i pri tom se ciklički (polukružno) mijenja korak krakova, a helikopter se kreće u onom smjeru prema kojemu je nagnuta palica. Vodoravnom palicom, koju pilot pomiče lijevom rukom, helikopter se upravlja u okomitom smjeru, tj. penje se ili spušta. Pomicanjem palice prema gore mijenja se jednako i istodobno nagib svih rotorskih krakova i povećava im se korak, a helikopter se diže. Tom palicom povezana je i poluga za gas, koji se dodaje okretanjem palice udesno oko njezine uzdužne osi. To je pogodno za upravljanje jer veći korak krakova zahtijeva i veću snagu motora. Nožnom polugom helikopter se upravlja u smjeru leta. Na jednorotorskim helikopterima nožnom polugom ubrzava se ili usporava okretanje repnog pomoćnog rotora, i tako se zakreće rep helikoptera lijevo ili desno. Dvorotorski helikopteri okreću se desno ili lijevo nagibanjem jednog rotora u željenom smjeru.

Ostala oprema zavisi o svrsi kojoj je helikopter namijenjen. Za dizanje tereta i spasavanje helikopter ima motovilo koje je ugrađeno izvana pokraj vrata, za sijanje i zaprašivanje bilja ima rezervoar, sapnice za ispuštanje sjemena ili praha protiv biljnih nametnika, za prijenos ranjenika ima nosila ili krevete, za spasavanje utopljenika opremljen je motovilom, konopom i mrežom. Za traženje podmornica ima »pel« koji se na kabelu spusti ispod morske razine i osluškuje podvodne šumove, za gašenje šumskih požara nosi rezervoar s kemijskim sredstvom za gašenje i sapnice za prskanje itd. Helikopteri se upotrebljavaju za prijenos stoke iz planina u doline i obratno, za motrenje kretanja leda, za prijenos putnika iz središta grada na aerodrom ili u susjedne gradove pa i do daljine od 300 ili 400 km, za prijenos kabela ili žica preko provalija ili rijeka, za postavljanje vodovodnih, plinskih i naftovodnih cijevi, za namještanje stupova za električne dalekovode i žične željeznice na nepristupačnim mjestima, za montiranje kupola na zvjezdarnicama i svjetionicima, za podizanje dijelova montažnih zgrada, za spasavanje ribara, brodolomaca i žrtava poplava i potresa. Helikopteri se sve više upotrebljavaju i u ratne svrhe za hitno

prebacivanje vojnika, oružja i vozila, za opskrbu vojske i odvlačenje ranjenika. U takvim slučajevima helikopter se ne može zamijeniti drugim prevoznim sredstvima jer on nije vezan uz putove i može se spustiti na malenu prostoru koji je nešto veći od prostora što ga zapremaju rotori.

Danas ima veoma mnogo različnih vrsti helikoptera, od lakih (oko 200 kg težine) do najtežih koji teže i više od 43 tone. Helikopteri su dostigli najveću visinu od oko 8300 m, najveću vodoravnu brzinu od oko 350 km na sat i najveći prevaljen put od oko 2000 km.

Nedostaci su helikoptera: mala vodoravna brzina koja ne može biti veća od 350 km na sat zbog rotora jer se njihovi krakovi ne smiju okretati brže od brzine zvuka. U tom bi slučaju uzgon naglo padao. Od snažnih potresa (vibracija) vrlo se brzo troše neki dijelovi, pa ih treba često mijenjati, zbog čega je uzdržavanje helikoptera gotovo 10 puta skuplje nego uzdržavanje aviona. Nedostatak mu je i nedovoljna stabilnost, osobito po jaku i mahovitu vjetru kad se helikopter ljulja, pa se njime teško upravlja.

Najnoviji razvoj helikoptera. Od 1965. do sada helikopteri su se više usavršavali nego u prijašnjih deset godina, a u posljednje dvije godine javljaju se i posve novi tipovi.

Kad se helikopter kreće u vodoravnom letu, svaki se dio njegovog rotora okreće oko rotorske osi, ali se istodobno i premješta u vodoravnom smjeru. Zbog toga se krajevi krakova, koji se gibaju prema naprijed, nasuprot smjeru leta, kreću kroz zrak različitom brzinom nego oni krajevi krakova koji se gibaju prema natrag. Posljedica je nesimetrično djelovanje rotora, a ono se ispravlja zglobnom ili polukrutom gradnjom krakova.

Zglobni rotori se mnogo češće upotrebljavaju; na njima se krakovi mogu ugibati u uspravnom (uzgonom) i vodoravnom (potisnom) smjeru. Polukruti rotori imaju dva kruta kraka koji su



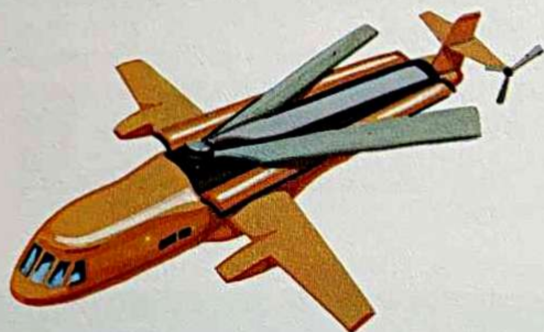
Tvornica Lockheed je izradila po nalogu armije SAD letjelicu k
vodoravni let. Na određenoj visini rotor se sklapa i spušta u udu

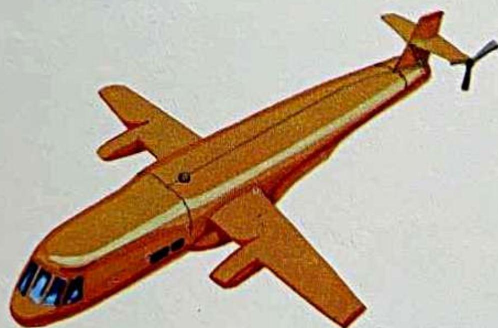


Helikopter »Lockheed XH-S 1 A« s krutim rotorom, prikazan na međunarodnoj zrakoplovnoj izložbi u Parizu. Ima jedan turbo-reaktor za vodoravni let uz poseban motor, koji okreće rotor. Na pokusnom letu osvojio je rekord vodoravne brzine za helikoptere od 437 km na sat

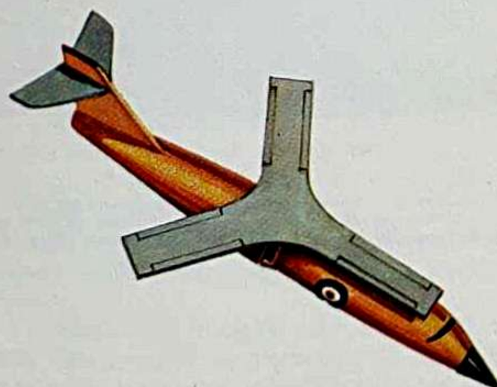
pričvršćeni na rotorsku osovinu kardanom. Polukruti rotori su jednostavniji, ali se ipak rjeđe upotrebljavaju jer pokazuju nekoliko nedostataka. Međutim, obje vrste rotora imaju zajedničku manu da helikopteri ne mogu dostići velike brzine kretanja.

Kraj onog rotorskog kraka, koji se giba prema naprijed, u smjeru leta, dostiže gotovo brzinu zvuka, jer se okretajna brzina na kraju rotorskog kraka zbraja s brzinom vodoravnog kretanja čitavog





kraki rotor za vertikalno uzlijetanje i dva mlazna motora za njoj strani trupa. Motori tjeraju avion nadzvučnom brzinom



Projekt helikoptera kojemu se na dovoljnoj visini iznad zemlje zaustavi rotor, a njegova 2 kraka služe kao krila nadzvučnog aviona

helikoptera. Na protivnoj strani, na onom kraku koji se kreće prema natrag, brzina vodoravnog kretanja helikoptera smanjuje relativnu brzinu tog kraka kroz zrak i javlja se osobita pojava: odljepljivanje zračnih čestica od površine kraka.

Sve su to pojave koje ograničavaju brzinu kretanja helikoptera pa se oni 1966. i ne kreću brže od oko 300 km na sat. Rekord vodoravne brzine drži 1967. francuski helikopter *Sud Aviation Super Frélon*, koji je dostigao brzinu od 355 km na sat iznad baze duge 25 km.

Da bi se dostigle veće vodoravne brzine, konstruktori proučavaju nove vrste helikoptera. Jedni imaju posve krute rotore, polukrila i potisni mlazni motor. Na drugima rotorska pera naliče avionskim krilima pa kad se helikopter s pomoću rotora digne visoko i dostigne dovoljnu brzinu, rotor se zaustavi i okrene tako da dva nepomična pera djeluju kao avionska krila, a vodoravni potisak daje mlazni motor.

Treće su vrste helikopteri koji visoko u zraku sklope i slože rotorske krakove uz trup i pretvaraju se u brze mlazne avione.

Ima mnogo i drugih usavršenja na najmodernijim helikopterima. Na nekima su rotorski krakovi šuplji i kroz njih se protjeruje vruć zrak koji izlazi iz stražnjeg ruba, duž vanjske polovice svakog kraka. Vrući zrak poboljšava aerodinamička svojstva rotora, a usmjerivanjem vrućih mlazova prema natrag ili prema dolje može se povećavati uzgon i potisak rotora.

Na nekim je helikopterima pomoćni rotor ugrađen u tijelu uspravnog stabilizatora tako da ne stvara otpor kad se zaustavi pri brzom vodoravnom mlaznom letu. Tada pomoćni rotor nije potreban jer se helikopterom upravlja krmilima kao avionom.

Ima helikoptera i sa zakretljivim pomoćnim rotorom. Pri većoj vodoravnoj brzini, kad pomoćni rotor nije više potreban, on se zakrene prema natrag tako da i on daje potisak prema naprijed, kao mala elisa.

Ima helikoptera sa žiroskopskim regulatorom koraka na svakom kraku, koji su mnogo stabilniji u mahovitu vjetru, ali ni oni, kao ni svi dosadašnji, ne smiju letjeti po olujnom vremenu. Helikopteri ne mogu odoljeti žestokim olujama.

Najveći helikopteri. Sada je najveći helikopter na svijetu sovjetski *MI 10* s ukupnom masom od 43 tone, korisnom nosivošću od 16 tona i ukupnom snagom motora od 8100 KS. Godine 1965. osvojio je više rekorda: dostigao je visinu od 7134 m s korisnim teretom od 5175 kg, a visinu od 2890 m s korisnim teretom od 25 105 kg.

Američki *Boeing Vertol 167*, koji je uzletio pod kraj 1969, je troturbinski helikopter sa dva rotora u tandemu, ukupne mase od 30 t; on prevozi 70 putnika brzinom od 300 km na sat. *Boeing Vertol 157 B*, koji je uzletio 1968, jest dvoturbinski helikopter sa dva rotora u tandemu. Ima ukupnu masu od 19 t, i prevozi pedeset putnika brzinom od 320 km na sat.



Leteća platforma američke ratne mornarice »ONR-1« s motorom Hiller i elisom u sapnici

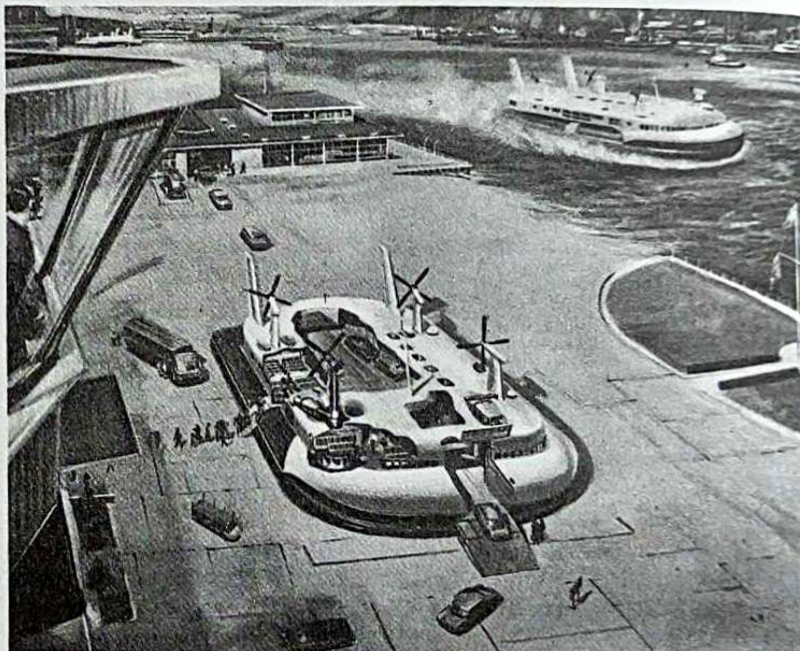
LEBDJELICE

Dugo su se vremena mnogi izumitelji i istraživači bavili konstrukcijom vozila koje bi se kretalo nekoliko decimetara povrh tla i vode tako da bi bilo neovisno o cestama, a moglo bi se kretati povrh mora, rijeka, jezera, močvara, livada, oranica i slabih putova.

Prva vozila lebdjelice izrađene su prije desetak godina i kreću se lebdeći na tzv. *zračnom jastuku* koji se umjetno stvara između dna lebdjelice i tla odnosno vode. Pojavu zračnog jastuka lakše ćemo shvatiti ako s visine od oko pola metra ispustimo dobro opružen i ravan list papira da u vodoravnu položaju slobodno pada. List će padati, ali kad se približi na 2 do 3 mm od tla, kliznut će naglo u stranu jer je stlačio zrak između sebe i tla i tako stvorio zračni jastuk.

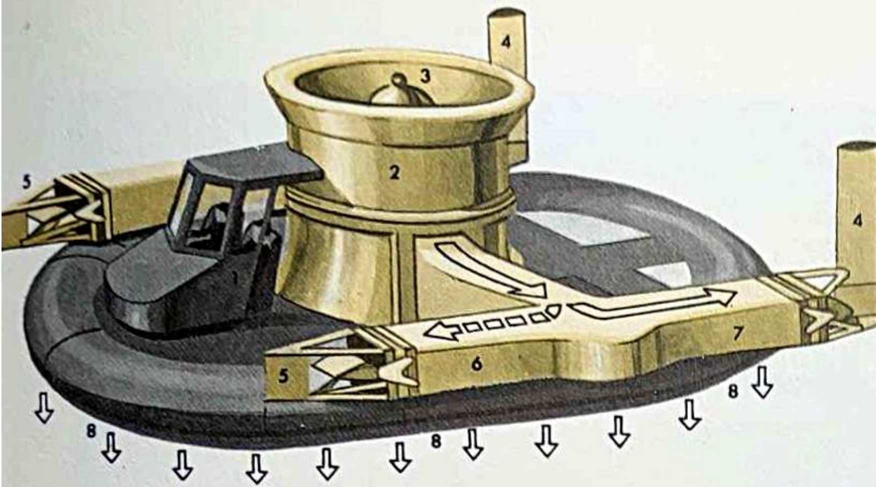
Američke, britanske i francuske tvornice automobila i aviona već duže vremena iskušavaju takva vozila, a jedan je kanadski liječnik sam izradio automobil-lebdjelicu koju je nazvao *aeromobil*. On u zimi njime obilazi bolesnike i onda kad su ceste i vode smrznute.

Prvu tehnički usavršenu lebdjelicu izradio je britanski inženjer *Christopher Cockerell* (Kristefer Kokerel). Ona se prvi put podigla s tla i lebdjela je u vrtu pred kućom sredinom 1953. Cockerell je nakon uspješnih pokusa predočio svoje planove tvornici Saunders-Roe i britanskom društvu za znanstvena istraživanja. Pošto je društvo pregledalo model i prihvatilo planove, sagradilo je tvornicu *Hovercraft Development* (Haverkreft Divelopment), a ona je izradila prvu lebdjelicu *Saunders-Roe SR-N1 Hovercraft*, koja je prvi put uzletjela 1. VI 1953.

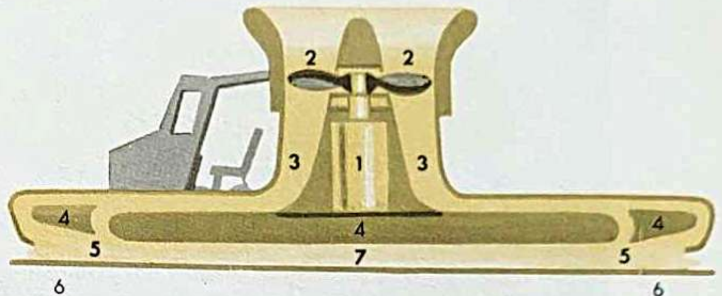


Pristan za lebdjelice u pomorskoj luci. Na pristanu su lebdjelice »Hovercraft SRN4« od 160 t, s četiri mlazna motora, ukupne snage od 3400 KS. Prevoze 250 putnika i 32 automobila. Brzina 140 km na sat

Ta je lebdjelica bila duga 9 m i široka 7 m. Težila je 3855 kg i lebdjela je 30 cm iznad zemlje ili morske površine. Zračni jastuk stvaralo je puhalo sastavljeno od četverokrake elise smještene u središnjem vertikalnom valjku. Zračni jastuk nastajao je od stlačena zraka koji je strujao od oboda lebdjelice prema sredini njezinog dna. Zbog toga su duž čitavog oboda na dnu bila izrađena dva usporedna kanala. Stlačeni zrak, koji je izlazio kroz vanjski obodni kanal, stvarao je *zračni zaslon*, a zrak koji je izlazio iz unutrašnjeg obodnog kanala, stvarao je elastičan zračni jastuk.



Lebdjelica »SRN1«: 1. kabina, 2. okućje motora, 3. usisno grlo, 4. krmila, 5. prednja krmila, 6. zrakovodi (vožnja natrag), 7. zrakovodi (vožnja naprijed), 8. mlaznica za stvaranje zračnog oboda i jastuka



Desno: shematski presjek prve Cockerellove lebdjelice: 1. motor, 2. puhalo, 3. zrakovodi, 4. nepropusno dvodno, 5. glavne mlaznice za stvaranje zračnog jastuka, 6. mlaznice zračnog zaslona, 7. jastuk

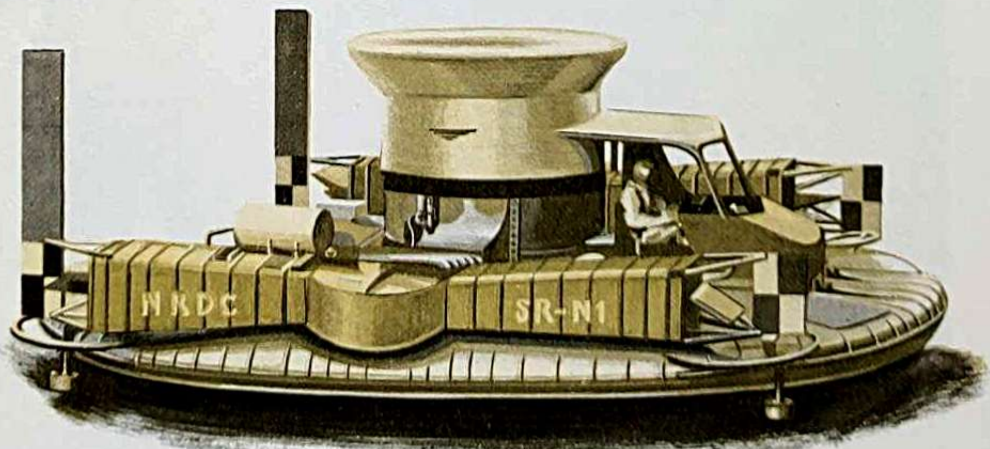
Iz središnjeg valjka odvajala su se četiri četverobridna vodoravna kanala, kroz koje se mogao po volji puštati zrak prema naprijed ili prema natrag. Tako se lebdjelica mogla pomicati naprijed ili natrag brzinom od oko 45 km na sat. Njome se upravljalo uspravnim krmilima, koja su se nalazila iza otvora na krajevima vodoravnih kanala. Elisu puhala tjerao je motor Alvis Leonides od 435 KS. Dakle, ista elisa stvarala je zračni jastuk za lebđenje i potisak za kretanje lebdjelice naprijed ili natrag.

Lebdjelica SRN1 sretno je 22. VII 1959. preplovila tjesnac između otoka Wight (Uajt) i Engleske, a 25. VII 1959. kanal La Manche iz Engleske u Francusku i natrag. God. 1960. ugrađen je u lebdjelicu turbo-mlazni motor, koji joj je povećao brzinu na 130 km na sat, pri opterećenju od 20 putnika.

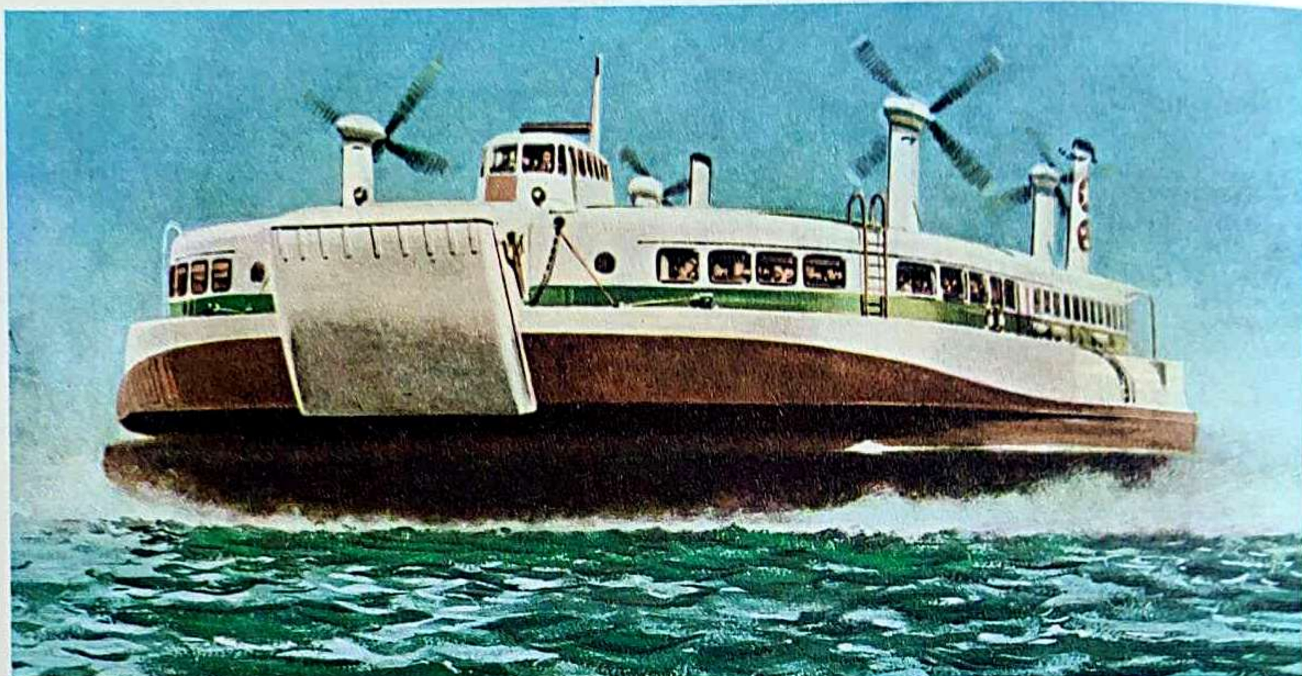
Godine 1961. sagrađena je druga lebdjelica *Hovercraft SRN2 Westland* teška 27 000 kg za prijevoz 66 putnika ili 10 t tereta. Ona ima četiri mlazna motora Blackburn Nimbus s ukupno 3260 KS, koji pokreću dva puhala za stvaranje zračnog jastuka i dvije elise za vodoravno kretanje putnom brzinom od 130 km na sat, na visini od 30 do 45 cm iznad morske površine.

Treća po redu gradnje lebdjelica na svijetu *Hovercraft SRN3* dovršena je 1966. i uvrštena je u proljeće iste godine u redovitu prugu preko kanala La Manchea, između Ramsgatea (Remsgejta) u Engleskoj i Calaisa (Kalea) u Francuskoj. Ona je teška 37 500 kg i duga 23,5 m. Da bi s nosivom površinom dna od 112 m^2 mogla lebdjeti oko 50 cm iznad morske površine, dovoljan joj je tlak u zračnom jastuku od 0,3 atmosfere, a može ploviti i povrh uzburkana mora s valovima do 1,5 m visine. Ona je do jeseni održavala promet preko kanala La Manchea redovitošću od 90%, tj. u sto dana plovila je prosječno 90 dana, a samo 10 dana nije otplovila zbog nevremena.

Sada najveća lebdjelica *Hovercraft SRN4*, duga 39 m i teška 160 000 kg, uvrštena je u redoviti promet preko kanala La Manchea sredinom 1968. Ona prevozi 500 putnika, ili 250 putnika s 32 osobna automobila. Četiri mlazna motora s 3400 KS tjeraju je preko mirna mora brzinom od 140 km na sat. Preko valova od 1,20 m kreće se brzinom od oko 120 km na sat, a na valovima od 4 m visine brzinom od oko 37 km na sat. Model i gradnja stajali su oko 50 milijuna dinara. Iako je toliko skupa, ona se ipak isplati jer putovanje traje samo 35 minuta i dnevno prevozi više putnika nego najbrži moderni motorni brodovi.



Lebdjelica »Hovercraft SRN1«, prvi je put uzletjela 1. VI 1953. Težina 3855 kg, motor 435 KS, brzina 45 km na sat, nosivost 12 putnika. Pošto je 1960. ugrađen jači motor brzina je povećana na 130 km/sat, a nosivost na 20 putnika. Lebdi 90 cm povrh tla ili morske razine



Lebdjelica »Hovercraft SRN4«, duga 39 m, teška 160 t, 4 mlazna motora s 3400 KS tjeraju je, preko mirna mora, brzinom od 140 km na sat

Sada ima u svijetu više od 100 različitih lebdjelica što ih konstruiraju ili grade inženjeri u Velikoj Britaniji, SAD, SSSR, Francuskoj, Belgiji, Kanadi, Švedskoj i Japanu. Te se lebdjelice međusobno razlikuju najviše konstrukcijom dna, jer svi graditelji traže najbolji način kako bi se ogradio zračni jastuk. Hovercraft ga ograđuje zračnim zaslonom. Drugi konstruktori ugrađuju oko čitavog dna čvrste obodnice ili gibljive zaslone od gume ili od plastičnih materijala.

Prednosti su lebdjelica da se kreću jednako iznad zemlje kao i povrh vodene površine. Stoga im nisu potrebni nikakvi pristani, jer mogu preći s mora na svaku plažu, a mogu se spustiti i na travu, pijesak ili obrađenu zemlju. Otpor pri kretanju lebdjelica vrlo je malen pa mogu dostizati brzinu do 140 km na sat, a takvom se prosječnom putnom brzinom ne kreću ni brodovi ni osobni automobili. Doduše, avioni lete brže, ali su aerodromi obično daleko od luka, pa se mnogo vremena gubi na prijevoze autobusima. Zbog gustog uličnog prometa sve više vrijedi na lokalnim linijama šaljiva uzrečica: »kome se žuri neka ne putuje avionom«. Sigurnost je na lebdjelicama čak i pri tmurnom i maglovitom vremenu veća nego na avionima, jer se one mogu zaustaviti nepomično na mjestu i približavati se luci ili plaži oprezno posve malom brzinom. Ako nastane kakav kvar lebdjelice mogu ploviti po vodi kao brodovi, a u slučaju opasnosti mogu pobjeći gotovo na svaku pa i najmanju plažu. Međutim, graditelji ipak već pomišljaju i na gradnju posebnih kosih platformi, pristana za lebdjelice, u plitkim i neiskoristivim kutovima velikih luka.



»Leteći štap« nosi čovjeka sa 60 kg tereta 15 km za 15 min.



»Leteća naprtnjača« nosi čovjeka oko 20 km daleko

Leteći džip nalići na automobil koji u trupu ima dva rotora. Izradila ga je američka tvornica *Piasecki* za vojsku u SAD. Upotrebljava se za izviđanje i vezu. Dva motora od 180 KS tjeraju ga na maloj visini povrh tla brzinom od 20 km na sat. Tvornica *Curtiss Wright* (Kartis Rajt) u SAD i moskovska tvornica aviona u SSSR-u izradile su slične zračne džipove sa 4 rotora.

Leteća platforma. Američka tvornica *Hiller Helicopters* izradila je 1955. leteću platformu, helikopter sa dva motora i jednim rotorom koji se okreće u limenu prstenu. Time je povećan uzgon za 40%. Leteća platforma nosi jednog čovjeka, koji njome upravlja nagibanjem tijela na željenu stranu.

Leteća stolica. Tvornica Bell Aerosystem Company iz Niagara Fallsa u Sjedinjenim Američkim Državama, izradila je turbo-mlazni motor za letenje i lebđenje u zraku, koji je nazvan *flying chair* (flajing čer = leteća stolica). Potisak daje mali turbo-mlazni motor s dvije mlaznice, koje se nalaze iza nogu i naslona stolice. Pilot sjedi na stolici, a poluge s uređajima za upravljanje prolaze ispod pilotova pazuha i svršavaju se ručicama kao na motociklu. Ravnoteža se održava promjenom potiska u mlaznicama, a stolica se usmjeruje potiskivanjem poluga náprijed ili natrag, tj. nagibanjem mlaznica. Stolica može ponijeti pilota i teret od 70 kg, a može lebdjeti dvadeset minuta i preletjeti daljinu od 80 km.



»Leteća stolica« može lebdjeti neprekidno oko dvadeset minuta i prenijeti čovjeka s prtljagom od 70 kg do daljine od oko 80 km

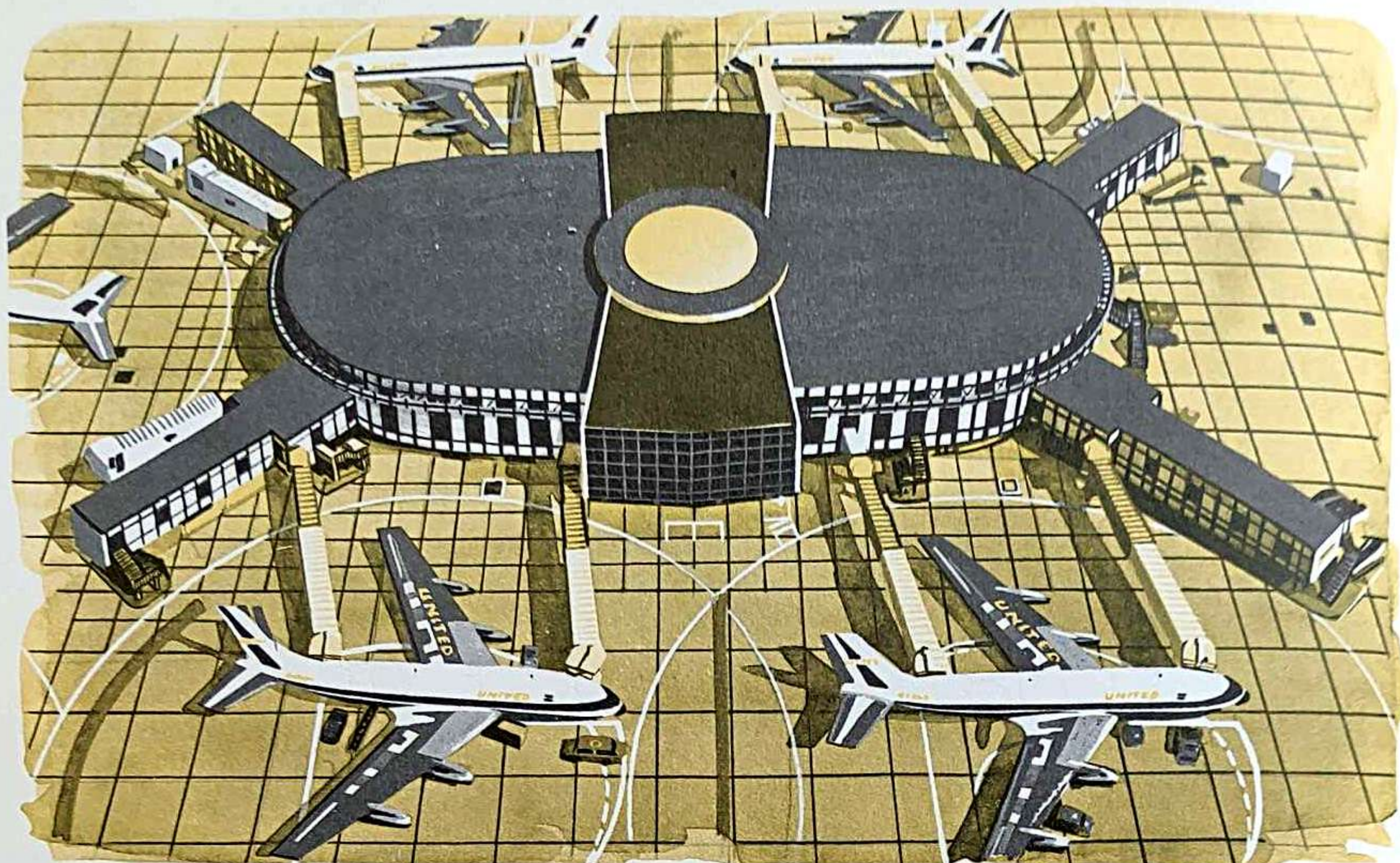
Leteći štap izradila je ista tvornica u Niagara Fallsu i naziva ga *flying pogo*. Pilot stoji na papučama. Turbo-mlazni motor je ispred njegovih nogu, a mlaznice su desno i lijevo od ramena. Upravlja se, jednako kao leteća stolica, ručicama koje stoje ispred pilotovih grudi. Leteći štap može ponijeti pilota i 60 kg tereta, lebdjeti 15 minuta i preletjeti daljinu od 15 km.

Leteći pojas iskušava se u istoj tvornici. Njime pilot može letjeti brzinom od 100 km na sat i dići se do visine od 1000 m.

Ove se lebdjelice upotrebljavaju za prijenos ljudi preko strmih litica, slapova, neprolazne džungle i drugih prepreka, ili u ratu za pružanje pomoći ranjenicima na nepristupačnim ili opkoljenim mjestima.



Lebdjelica »Hovercraft SRN3«, dovršena 1966, teži 37,5 t. Dva turbo-mlazna motora tjeraju puhala koja zbijaju zrak u zračnom jastuku pod tlakom od 0,3 atm., a dva turbo-mlazna motora i dvije elise tjeraju je brzinom od 130 km na sat. Lebdi i povrh valova visokih do 1,5 m



Jedna od pristanišnih zgrada aerodroma u Los Angelesu s osam zatvorenih mostića za ukrcaj putnika. Između dva desna krila uređeno je pristanište za helikoptere. U zgradu se ulazi ispod zemlje

AERODROMI

Aerodromi (od grč. aer = zrak i dromos = put, trkalište) je površina na zemlji uređena za uzlijetanje i slijetanje zrakoplova i opremljena različnim kontrolnim uređajima i objektima za smještaj i održavanje aviona. Moderni aerodromi dijele se na civilne, vojne, sportske, poslovne (privredne) i školske.

U početku nije bilo teško graditi aerodrome jer su avioni bili maleni i laki, a za uzlijetanje im nije bila potrebna duga staza. Dovoljna je bila ravna travna površina tolike veličine da su avioni mogli uzlijetati i slijetati na sve strane uvijek protiv vjetra. Za prvoga svjetskog rata gradili su se sve brži, veći i teži avioni, pa su se i aerodromi morali uređivati na čvršćem zemljištu. Usavršavanjem stajnog trapa teški su avioni postali manje osjetljivi na bočni vjetar, pa aerodrom može imati manji broj staza na koje avioni mogu slijetati po svim vjetrovima. Zbog noćnog letenja i slijetanja pod nepovoljnim vremenskim prilikama morali su se i na aerodromima ugrađivati različiti pomoćni uređaji, a trebalo je organizirati i kontrolne službe.

Kad se oko 1920. razvio civilni avionski promet, podijelili su se aerodromi na civilne i vojne. Uskoro su civilni aerodromi zbog sve težih putničkih aviona brzo napredovali, dok je gradnja vojnih aerodroma nešto zaostajala. Nekoliko godina kasnije razvili su se aerodromi za sportsku i poslovnu avijaciju i školski aerodromi za pilotske škole. Veliki stalni aerodromi sa svim uređajima i opremom počeli su se graditi oko 1922, i u deset godina toliko ih je podignuto da je uskoro u nekim državama uskrslo pitanje otkupa zemljišta. Francuska je npr. za vojnu i civilnu avijaciju otkupila 45 000 ha ili 0,13% obradiva zemljišta, dok su sve željezničke pruge u toj državi zauzimale u to doba 60 000 ha.

Po *čikaškoj konvenciji* iz 1944. aerodromi se prema dužini, širini i nosivosti uzletno-sletne staze svrstavaju u sedam kategorija. Svaki je aerodrom označen jednim slovom od A do G i brojevima od 1. do 7. Slovo pokazuje dužinu, a brojka nosivost staze. Aerodrom signalne oznake A ima uzletno-sletnu stazu dužu od 2500 m i široku 60 m.

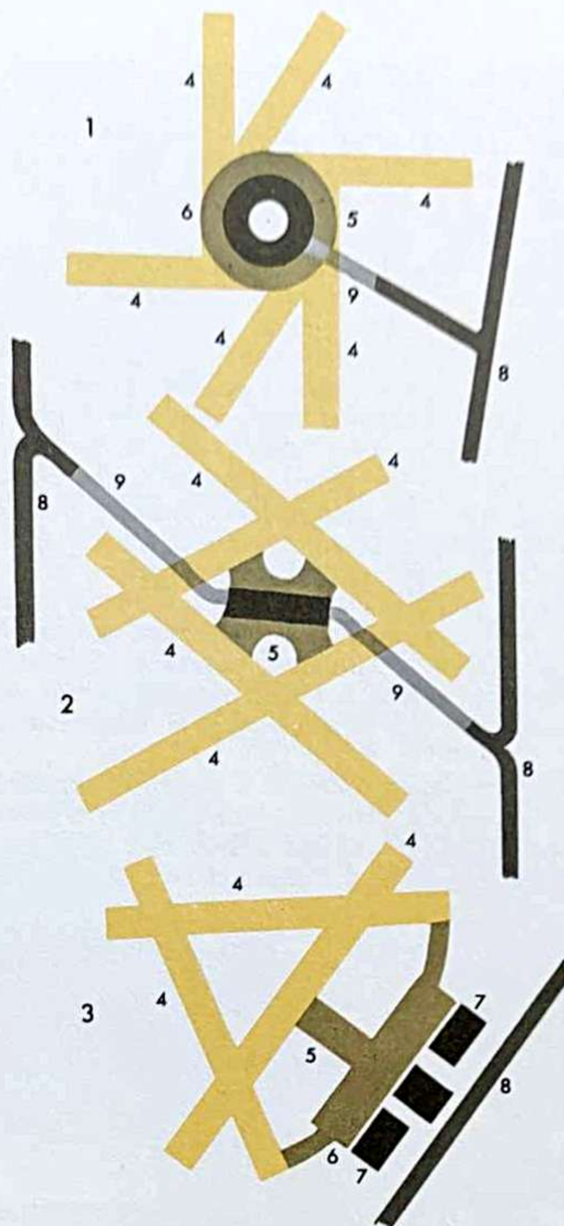
Uzletno-sletne staze izrađuju se danas poput auto-putova. Na uravnanu i dobro uvaljanu tlu polaže se najprije sloj šljake, zatim lomljeno kamenje, pa tučenac i napokon pijesak. Kad su svi slojevi dobro uvaljani i poravnani, polaže se prvi sloj kore od armirana ili prednapregnuta be-

tona, a preko njega drugi sloj od portland-cementa koji može izdržati temperaturu do 500°. Temperatura mlaza iz mlaznih aviona kreće se oko 200°, a mlaza iz startnih raketa, kojima se pomaže uzlijetanje nekih vojnih aviona, dostiže i do 1000°. Užaren mlaz što suklja iz mlaznice velikom brzinom za kratko vrijeme ošteti stazu. Danas se na avionima stajni trapovi izrađuju tako da treći kotač ispod nosa ili ispod repa drži avion vodoravno, pa mlaz ne izlazi koso i ne udara u stazu, nego suklja ravno povrh nje.

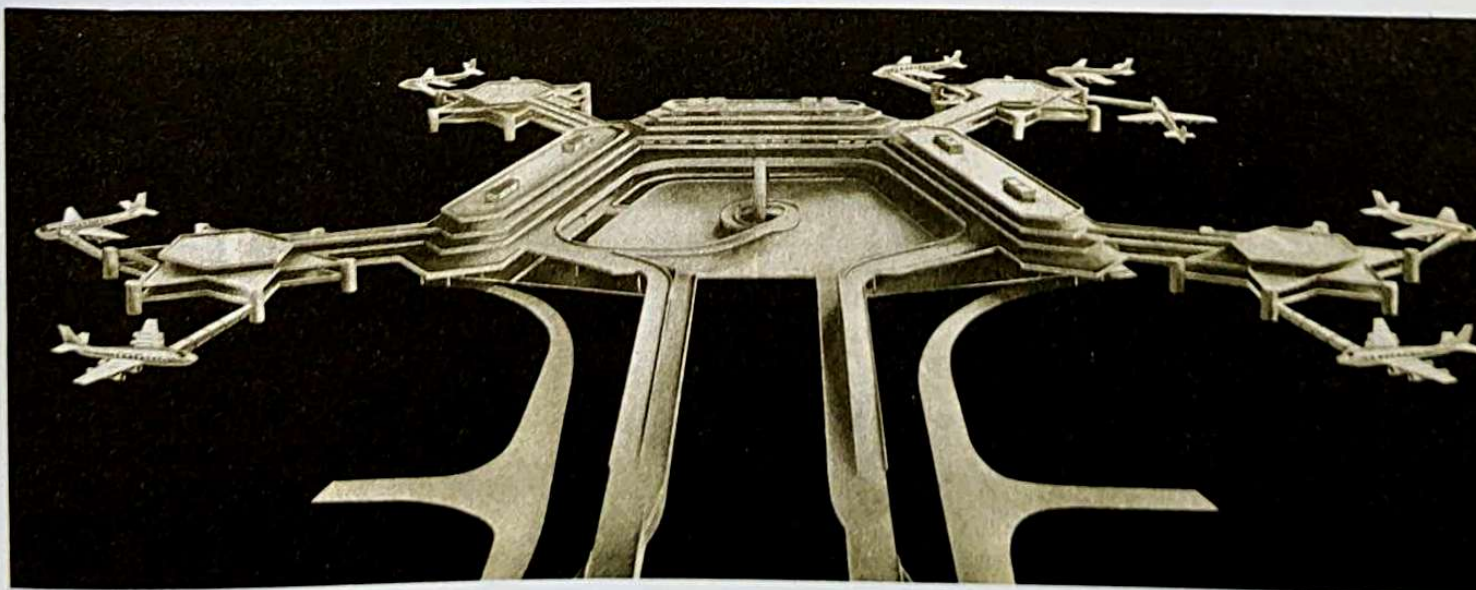
Čvrstoća podloge i kore na stazi zavisi o prometu na aerodromu i veličini opterećenja. Staza mora izdržati tlak od 7 do 50 t po avionskom kotaču.

Širina staze kreće se od 30 do 60 m, ali se s obje strane prostiru još *bočni pojasi sigurnosti* koji su dugi kao staza i široki 150 do 200 m. To su izravnate travne površine na koje se avion može spustiti u slučaju neke nezgode. Veliki aerodromi imaju na oba kraja staze još *pretpolja*, široka kao staza i duga 50 do 300 m. Ako se avion prekasno uzdigne pri uzlijetanju ili prerano spusti pri slijetanju, pretpolje se može iskoristiti za slijetanje ili ispred ili iza betonske staze. Pokraj betonske staze uređena je *staza za prinudno slijetanje* koja je izrađena od nabijena pijeska ili glinovite zemlje, a široka je oko 30 m i duga oko 1000 m. Ona se upotrebljava za slijetanje aviona koji su prinuđeni da se spuste na trup zbog neispravnosti ili oštećenja stajnog trapa.

Moderni aerodromi grade se na više načina: s jednom ravnom uzletno-sletnom stazom, sa tri staze u obliku trokuta, sa četiri unakrsne staze (paralelni sistem) ili sa 2 do 8 staza koje dodiruju srednji krug oko aerodromske zgrade (tangentni sistem) i prostiru se u smjeru glavnih vjetrova.



Gore: 1. tangentni aerodrom s prilazima ispod stajanki u zgradu usred staza, 2. usporedni aerodrom sa četiri uzletno-sletne staze, 3. trokutni aerodrom s ulazom za putnike iza pristanišnih zgrada, 4. uzletno-sletne staze, 5. i 6. stajanke, 7. pristanišne zgrade, 8. auto-putovi, 9. prilazni putovi u tunelima
Dolje: maketa novog aerodroma u Kölnu s uzletno-sletnim stazama, pristanima i prilaznim auto-putovima

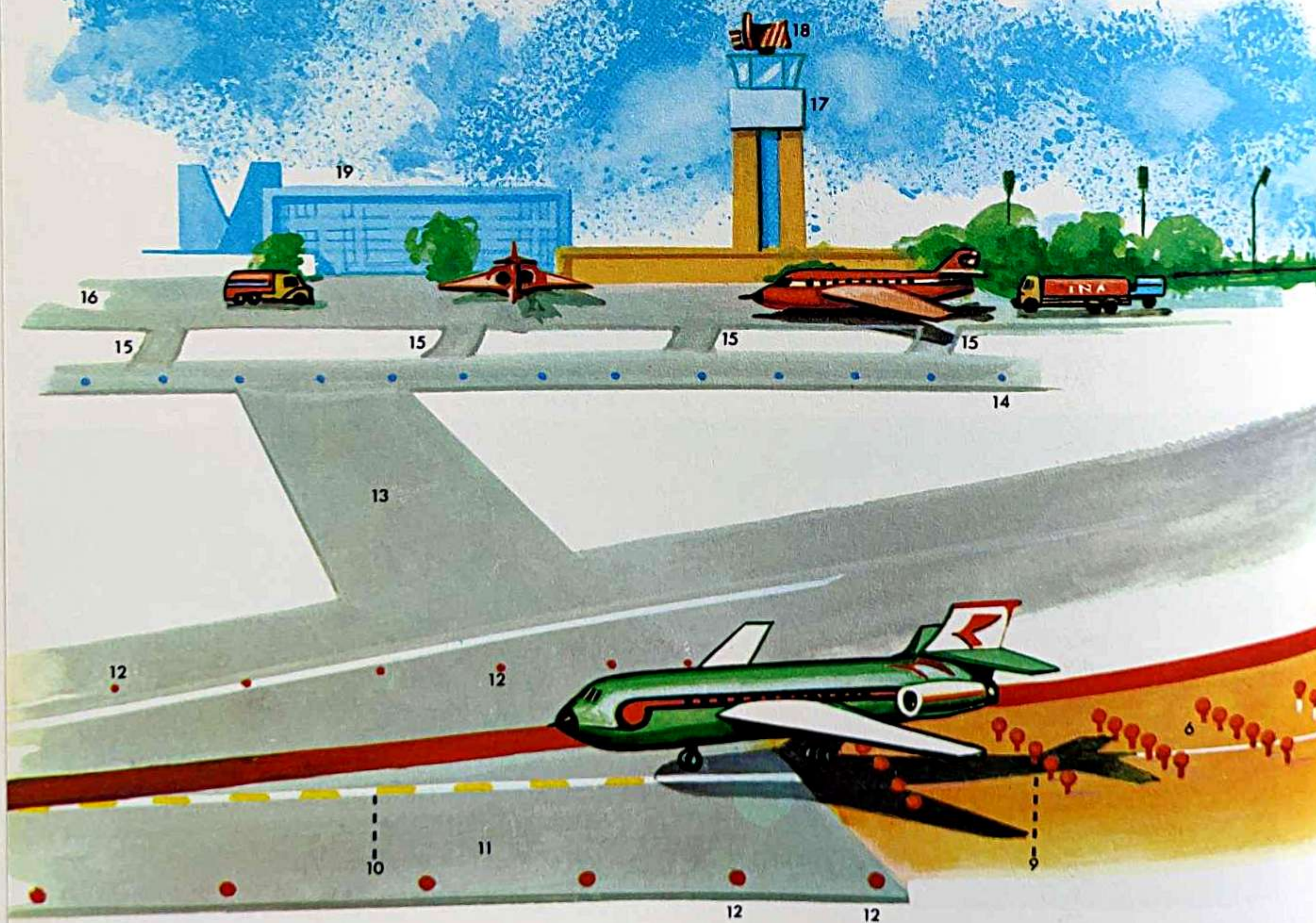


Trokutni sistem staza omogućuje uzlijetanje i slijetanje u 6 različitih smjerova tako da je avion uvijek okrenut protiv vjetra, a staze za voženje, tj. za kretanje aviona po zemlji, vode od platforme pred aerodromskom zgradom do uzletno-sletne staze. *Unakrsne staze* (paralelni sistem) dopuštaju uzlijetanje i slijetanje u 4 različita smjera s dvostrukim kapacitetom, a nedostatak im je što se kod njih moraju graditi široke staze za voženje, a ako je aerodromska zgrada u sredini, prilazni se putovi moraju dovesti do nje podvožnjacima. *Tangentni sistem* danas je najrašireniji jer uzletno-sletne staze vode iz središnjeg prostora gdje se nalazi okrugla aerodromska zgrada ravno, pa nisu potrebne staze za voženje; putnici ulaze u avion izravno iz zgrade preko pomična mosta; znatno se smanjuje i promet različnih pomoćnih aerodromskih vozila za prtljagu i pakete, a otpada i hodanje ljudi po platformama. Ovim se sistemom povećava i kapacitet aerodroma, koji se za svaku stazu pri dobroj vidljivosti kreće oko 60 slijetanja ili 80 uzlijetanja na sat.

Broj civilnih aerodroma u svijetu u neprekidnom je porastu. Najviše ih ima u SAD i u SSSR. Krajem 1967. u SAD ih je bilo oko 10 126, od toga 3830 javnih, a kategorija A i B oko 195. U SSSR-u bilo je 1967. god. 67 civilnih aerodroma određenih za međunarodne veze. Jugoslavija ima 30 civilnih aerodroma, a od toga 14 za međunarodni zračni saobraćaj. Ako se ubroje vojni aerodromi, pomoćna i sportska letilišta ima ih više od 200. Najveći je civilni aerodrom u Beogradu (Surčin) s uzletno-sletnom stazom od 2200 m. Zasad je izgrađen samo prvi dio, a kad bude posve dovršen, bit će to aerodrom mješovitog tangentnog sistema sa pet uzletno-sletnih staza. Najnoviji je riječki aerodrom na otoku Krku.

Najveće stjecište zračnih putova na svijetu jest New York, koji ima, osim vojnih, poslovnih i sportskih aerodroma, četiri velike civilne zračne luke. Najveća je *John Kennedy International Airport*, koji i prima oko 63% ukupnog zračnog prekomorskog prometa SAD. Kroza nj je 1969. prošlo 13 470 916 putnika, 198 mil. kg robe, 73,6 mil. kg pošte u 311 976 aviona. Kroz drugi aerodrom *La Guardia* prošlo je 3 993 000 putnika, kroz treći *Newark* prošlo je 3 144 076 putnika, a kroz *Teterboro* (za privatne i poslovne avione) 3 111 450 putnika.

Osim toga u New Yorku ima mnogo gradskih platforma za pristajanje helikoptera, od kojih su mnoge na krovovima nebodera. Ti helikopteri prevoze putnike izravno u susjedne gradove, ili

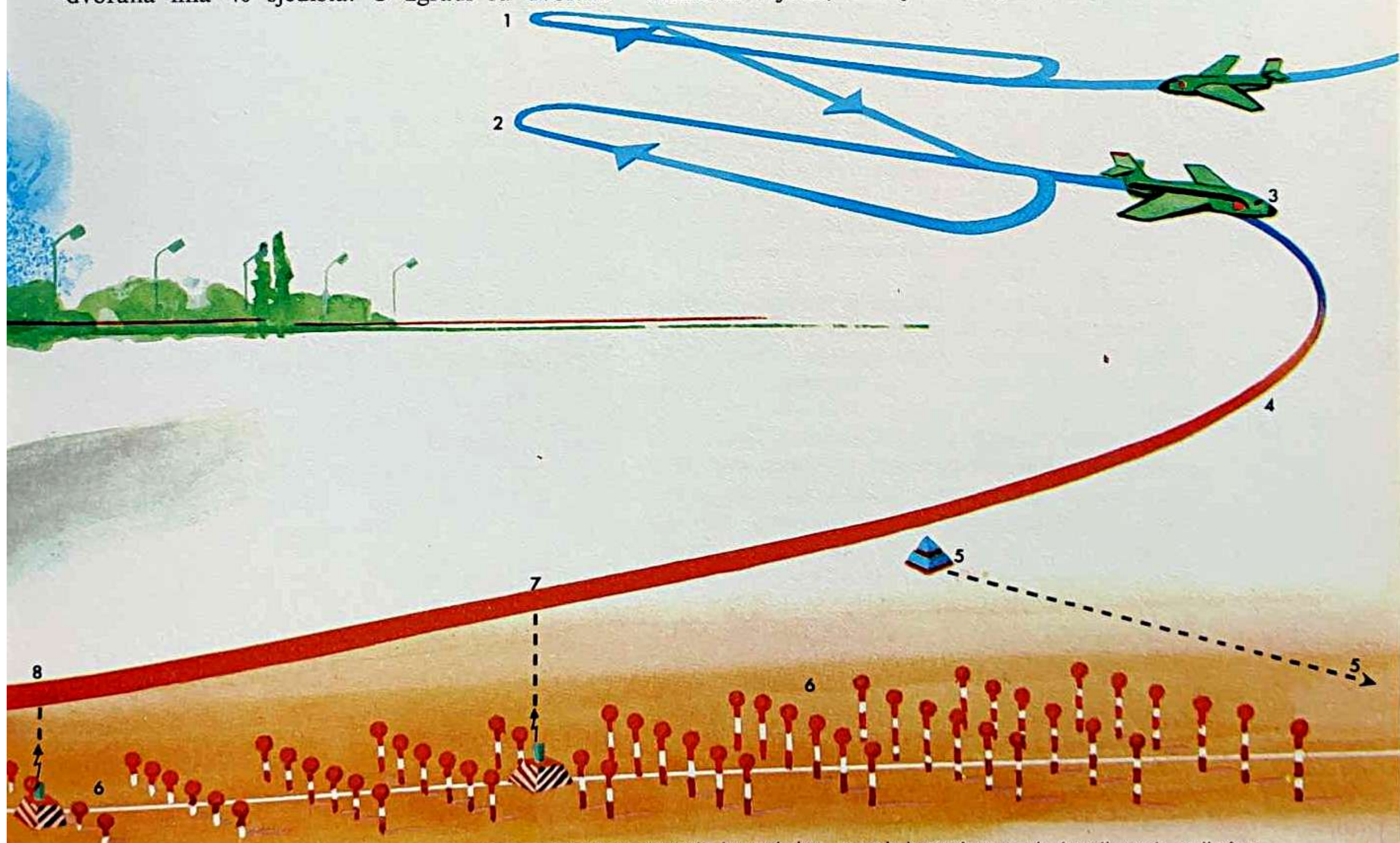


samo iz grada do aerodroma, koji su podalje od gradskog središta. Ukupan promet na 4 glavna aerodroma u New Yorku je dosegao 23 719 432 putnika. Aerodrom J. Kennedy može primiti 5 aviona u minuti ili milijun aviona na godinu. Na njemu je uposleno 45 000 namještenika i radnika.

Najmoderniji je američki aerodrom *Dulles International Airport* (Dals Internešnl Erport), sagrađen kod Chantillyja (Čentilija) 43 km od Washingtona. Ima uzletno-sletne staze duge do 4,5 km, uređene za najmodernije mlazne avione.

Najveći broj aviona (641 390) prošao je 1970. kroz aerodrom O'Hare u Chicagu.

Najmodernije uređena, a iza Londona i najveća zračna luka u Evropi jest pariški aerodrom Orly (Orli). Troškovi za njegovu gradnju dosegli su 170 milijuna dinara. Pristanišna zgrada s kosturom od 7500 t čelika duga je 400 m. Sastavljena je od unaprijed izrađenih dijelova i može se po volji produživati. I unutrašnje se pregrade mogu premještati, a mogu se skidati čak i stropovi u svim prostorijama. Na zgradi ima 10 000 m^2 stakla, 3000 satova koji pokazuju datum, sat i minutu, a pokreću se s jednoga središnjeg mjesta. Oko 4000 zvučnika daje obavijesti u različite prostorije ili prenosi tihu glazbu. Kino-dvorana ima 40 sjedišta. U zgradi su dvorane za konferencije, za bankete, plesove, modne revije, koncerte i velik televizijski studio. Parkirališta pred zgradom imaju mjesta za 4000 automobila. Vozaču daje ulaznicu automat i otvara mu ulaz. Na izlasku on mu za tren oka izračuna pristojbu, a novac prima kontrolor. Sva se vrata u zgradi otvaraju automatski kad putnik stane na ploču koja se nalazi pred njima. Jedanaest dizala, koja se dižu brzinom od 6 m u sek., i 40 pomičnih stepenica razvoze putnike kroz 6 katova, prizemlje i 2 podzemlja. U zgradi je povišen atmosferski pritisak tako da plinovi iz mlaznih aviona ne mogu ući ni u jednu prostoriju. Budući da se avioni zaustavljaju na platformi nekoliko metara ispred zgrade, s te su strane prozori mnogo deblji, vrata su dvostruka, a zidovi i stropovi izolirani protiv buke. Za unutrašnju vezu upotrebljava se i televizija. Kretanje aviona pokazuje putnicima golema ploča na kojoj se svijetlećim slovima i brojkama objavljuje sat dolaska ili odlaska aviona, broj pruge, mjesto odakle dolazi ili njegovo odredište. U ploču je upereno 7 televizijskih kamera: tri na stupac s podacima o dolasku, tri na stupac s podacima o odlasku, a jedna na stupac za opće napomene. Kamere prenose te podatke na 200 različitih mjesta, a najviše u poslovnice avion-



Shema civilnog aerodroma. Pošto avion stigne nadohvat aerodromske kontrole leta, on se iz kontrolnog tornja dovodi povrh radio-fara na određenu visinu, npr. na 1000 m. Tu avion mora kružiti na pričeknoj razini dok mu aerodromska kontrola leta ne dopusti da se spusti za 300 m. Na drugoj pričeknoj razini avion kruži dok mu kontrola leta ne dopusti da se spusti još za 300 m. Kad se oslobodi sletna staza, iz kontrolnog tornja dopušta se avionu da sleti. Posljednji signal avion dobiva iz radio-fara pred stazom, a sletjeti mora na početku staze: 1. gornja pričekna razina, 2. donja pričekna razina, 3. polazak na slijetanje, 4. slijetanje prema kontrolnom radio-faru, 5. kontrolni radio-far, 6. svjetiljke koje označuju smjer i širinu sletne staze, 7. drugi radio-far, 8. treći radio-far (posljednja kontrola visine i smjera), 9. radio-oznaka početka staze, 10. točka gdje avion treba da dodirne sletnu stazu. 11. uzletno-sletna staza, 12. granične svjetiljke, 13. prilazna staza, 14. staza za vožnje, 15. prilazne staze, 16. stajanka, 17. kontrolni toranj, 18. kontrolni radar, 19. pristanišna zgrada

skih društava. Francusko društvo *Air France* (Er Frans) ima 4 kamere i 25 televizora. Za vezu s osobljem aerodroma postoji 400 džepnih radio-prijemnika s dometom od 5 km. Kad se npr. iz uprave zove neki šef odjela koji upravo obilazi zgradu ili platformu, uključi se njegov pozivni znak. Radio-prijemnik u njegovu džepu ponavlja taj znak sve dok se šef ne javi na najbližem telefonu. Osobitost je aerodroma u Orlyju da putnike ne dočekuju namještenici ni stjuardese. Putnici sami nalaze put od poslovnice do aviona jer ih vode svjetlosni signali. Zvučnici samo objave boju koju za pojedini smjer puta treba slijediti. Svjetlost koja vodi putnike na određenom pravcu gori na svim hodnicima, vratima, pomičnim stepenicama, carinskim uredom, mjenjačnicom, kontrolnim hodnikom, čekaonicom i mostom sve do ulaza u transporter, koji odvodi putnike u avion, i tako nitko ne može zalutati.

Označivanje staza. Uzletno-sletne staze označuju se tako da pilot pri slijetanju u svakom trenutku znade na kojem se dijelu staze nalazi. Duž čitave staze povučena je isprekidana bijela središnja crta. Početak staze na oba kraja označen je s osam debelih bijelih crta. Nakon toga upisana je usred staze brojka koja pokazuje magnetski smjer (brojke označuju desetice stupnjeva. npr. 2 = 20°, 20 = 200°). Zatim do kraja prve trećine staze slijede opet usporedne tanje crte, i to najprije 8 crta, zatim 6, pa 4 i napokon 2. Druga trećina staze nema nikakvih oznaka. Treća trećina označena je jednako kao i prva. Na njoj je, svakako, upisan protivni magnetski smjer, tj. uvećan za 180°. Uzletno-sletne staze na aerodromima koji nisu uređeni za uzlijetanje i slijetanje s pomoću instrumenata nemaju prvih osam debelih bijelih crta.

Staza za voženje označena je središnjom isprekidanom žutom crtom. Na njoj je 30 do 60 m ispred uzletno-sletne staze označeno mjesto gdje se avioni zaustavljaju zbog priprema za uzlijetanje.

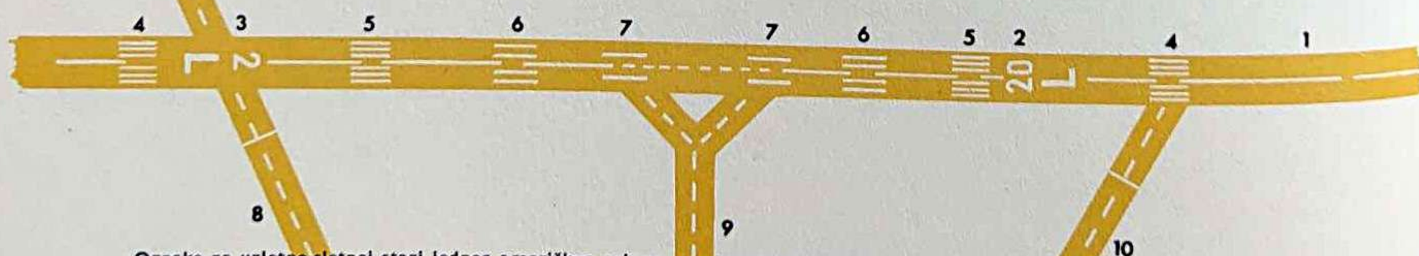
Za noćno letenje aerodromi imaju svjetlosna sredstva: svjetionike dozivače koji daju određene znakove po kojima se može prepoznati aerodrom; reflektore koji svijetle ravno uvis da avioni mogu izdaleka pronaći stazu; svjetlosno slovo T bijele boje koje je usmjereno u pravcu slijetanja i postavljeno na početku staze; rubna svjetla bijele boje duž oba ruba uzletno-sletne staze, krajnja svjetla crvene boje kojima se označuje početak i svršetak staze; dodirna svjetla bijele boje postavljena na crti do koje avion pri slijetanju mora dodirnuti stazu.

Ispred uzletno-sletne staze postavljaju se 2 crvena svjetla koja označuju tzv. ulazna vrata. Zatim slijedi niz od 8 zelenih svjetala, koja pokazuju crtu od koje avion u slučaju potrebe može bez opasnosti dodirnuti zemlju.

Osim ovih svjetala postavljena su u polumjeru od 5 km oko središta aerodroma crvena zaprečna svjetla na svim navigacijskim zaprekama višim od 50 m (zvonicima, dimnjacima, jarbolima i dr.).

Oprema aerodroma. Civilni aerodromi imaju uzletno-sletne staze, staze za voženje aviona i platforme gdje se avioni zaustavljaju, iskrcavaju i ukrcavaju putnike, robu i poštu. Pokraj platforme nalazi se i pristanišna zgrada. U toj zgradi nalaze se prostorije za prihvat i otpremu putnika, robe i pošte, čekaonice, restauracije, kuhinje, dvorane za konferencije, poštanski, telegrafski i telefonski ured, prostorije za upravu aerodroma, za kontrolno osoblje, carinarnica, sanitetska služba, služba sigurnosti, prostorije za osoblje različnih aerodromskih službi, prostorije i klubovi za letačko osoblje itd. Na aerodromu su hangari za avione, radionice za popravke motora, instrumenata i elektronskih aparata, vatrogasna stanica sa svim sredstvima za gašenje požara. Osim toga tu su i garaže za automobile, cisterne, autostartere (vozila za paljenje avionskih motora), zatim traktori (za tegljenje aviona po platformi i u hangarima), dizalice, kola za grijanje zraka, vode i ulja i druga vozila.

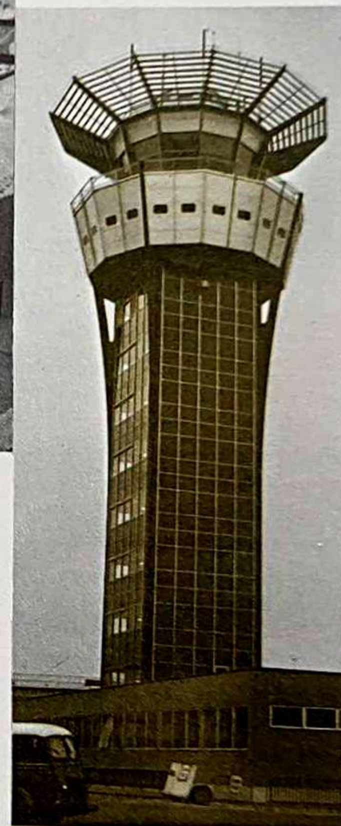
Za sigurnost aviona aerodrom je opremljen elektronskim navigacijskim aparatima (radio-predajnicima, prijemnicima i radarima), opremom za vizuelno i instrumentsko uzlijetanje i slijetanje, sredstvima za vezu, instrumentima za meteorološku službu i uređajem za kontrolu letenja.



Oznake na uzletno-sletnoj stazi jednog američkog vojnog aerodroma pod kraj drugoga svjetskog rata. Slovo L jest karakteristika staze. Brojka 20 znači da staza leži u magnetskom smjeru od 200° za avione koji na slici dolaze zdesna. Brojka 2 znači da staza leži u magnetskom smjeru od 20° za avione koji dolaze slijeva: 1. točka gdje avion treba da dodirne stazu, 2. smjer 200, 3. smjer 20, 4. četvrta opomenica, 5. treća opomenica, 6. druga opomenica, 7. prva (srednja) opomenica, 8, 9. i 10. staze za vožnje aviona od uzletno-sletne staze do stajanke



Kontrolni toranj zagrebačkog aerodroma. Iz njega se radarskim i drugim elektronskim spravama upravlja prometom aviona u zraku i na uzletno-sletnoj stazi. Oni avioni koji dolijeću k aerodromu, usmjeruju se prema sletnoj stazi, daje im se nalog za čekanje ili dozvola za slijetanje. Iz tornja se upravlja avionom do kraja slijetanja, osobito noću i po magli; dopušta se izlazak na uzletno-sletnu stazu i uzlijetanje. Zagreb kontrolira sve avione na zapadnoj polovici Jugoslavije, a Beograd letenje iznad istočne polovice



Toranj aerodroma u Los Angelesu

Kontrola letenja. Razvoj zračnog prometa ne bi nikad bio tako brz da nema radio-veza i različnih elektronskih uređaja koji osiguravaju letenje. Prvi radio-predajnici i prijemnici za zračnu plovidbu postavljeni su 1927. u Bellefonteu i College Parku (Koledž Parku) u SAD, a 1929. Jimmy Doolittle (Džimi Dulitl) prvi je uzletio sa staze i sletio na aerodrom s pomoću usmjerivačkog radio-svjetionika, a da uopće nije gledao iz kabine na sletnu stazu. Takvo pristajanje zove se slijetanje bez vanjske vidljivosti. God. 1930. postavljeni su jači radio-uređaji za vezu između aerodroma i aviona u letu, i otad je počela sigurna civilna zračna plovidba.

Kako svaki pilot leti između dva aerodroma uvijek najkraćim putem, uskoro je u SAD na nekim prugama postao promet tako gust da je prijetila opasnost sudara u zraku i na slijetnim stazama. Na zahtjev zrakoplovnih društava 1936. je uspostavljena kontrola letenja, uzlijetanja i slijetanja. Vojska u SAD već je imala svoju kontrolu letenja, a civilna avijacija uspostavila je tada svoju kontrolu. Kad je 1958. kod Las Vegasa došlo do sudara između jednoga putničkog i vojnog aviona, ujedinjene su obje službe u zajedničku kontrolnu službu, a aerodromi su opremljeni elektronskim uređajima.

God. 1945. pokazalo se potrebnim na čitavom svijetu da se kontrola i pravila za letenje moraju ujednačiti u svim državama, a osobito u zapadnoj Evropi, gdje su avioni mogli preletjeti male države za deset minuta. Stoga je te godine sazvana u Chicagu konferencija, koja je izglasala međunarodnu konvenciju za zračni saobraćaj i za kontrolu letenja. Poslije čikaške konvencije u svim je zemljama kontrola letenja prilično izjednačena.

Osnovni su organi kontrole: aerodromska i oblasna kontrola letenja. *Aerodromska kontrola letenja* (skraćeno AKL) vodi se iz kontrolnog tornja na aerodromu, odakle se vide sve staze za uzlijetanje i voženje i sve platforme. Tu su i svi potrebni uređaji za vezu s avionima, jer se iz tornja daju sve upute za prilaženje, slijetanje, kretanje po stazama i uzlijetanje. *Oblasna kontrola* letenja (skraćeno OKL) upravlja letenjem aviona u svojoj oblasti, tj. izvan aerodroma. Sve veće države podijelile su svoj teritorij na onoliko oblasti koliko se može kontrolirati elektronskim uređajima. Teritorij Jugoslavije podijeljen je meridijanom od 18° istočne dužine na istočnu OKL sa središtem u Beogradu i zapadnu OKL sa sjedištem u Zagrebu.



Stajanka zagrebačkog aerodroma Pleso. U pozadini pristanišna zgrada. Na stajanki karavela »Jata«. Jugoslavija ima sada 11 aerodroma kategorije A: Beograd, Dubrovnik, Ljubljana, Ohrid, Pula, Rijeka, Split, Titograd, Tivat, Zadar i Zagreb

Određeni zračni putovi mogu se zamisliti kao neki prozirni tuneli široki 9 km (5 nautičkih milja). Dno je svakog tunela 450 m, a strop oko 6000 m iznad zemlje. Budući da moderni mlazni avioni lete u visini između 6000 i 15 000 m, uveden je nedavno gornji prostor za letenje kojemu je dno na 6000 m iznad zemlje a strop neograničen. Avioni lete sada tim putovima, a OKL prati njihovo putovanje. Pilot pri prolasku preko svake kontrolne točke (radio-svjetionika) na svom putu ima pogodnu priliku za kontrolu položaja i javlja se kontroli letenja one oblasti kroz koju leti.

Zapovjednik aviona predaje upravi aerodroma najmanje pola sata prije uzleta plan puta, a uprava ga prosljeđuje svim oblasnim kontrolama letenja kroz koje će avion proći, aerodromu odredišta, i aerodromskoj kontroli u kontrolnom tornju. Aerodromska kontrola iz tornja daje odobrenje za uzlet, ili javlja zapovjedniku promjene koje mora izvršiti u svom planu putovanja zbog drugih aviona koji su već u zraku na tom putu.

Dva aviona koji lete u susret istim putem OKL razdvaja najmanje za 300 m po visini, tj. jednome od njih nalaže da leti na većoj ili manjoj visini. Dva aviona koji lete istim putem i smjerom i u istoj visini OKL razdvaja razmakom od najmanje 10 minuta leta. Ako je stražnji avion brži, OKL mu daje nalog da se spusti ili digne za 300 m. Međutim, kako moderni avioni lete danas putnom brzinom većom od 600 km na sat, deset minuta leta odgovara dužini od 100 km, a to znači npr. da bi na putu između Zagreba i Beograda smjela biti u zraku samo tri aviona. Sve veći promet stvorio je, dakle, već sada usko grlo na nekim putovima, pa će se i pravila o kontroli leta morati uskoro mijenjati.

Oko aerodroma gdje se sastaju mnogi zračni putovi promet je tako velik da se morala uvesti i stroga kontrola prilaženja. OKL dovodi avion do radio-svjetionika ispred aerodromskih vrata, i to na onoj visini koju odredi AKL. Ako je više aviona doletjelo do vrata u malom vremenskom razmaku, AKL određuje da oni kruže oko radio-svjetionika na različitim visinama, 300 m jedan iznad drugoga. Avion koji je posljednji doletio, dovodi se na najveću visinu. Kad se oslobodi sletna staza, najnižem se avionu dopušta slijetanje, a ostalima povrh njega daje se nalog da se spuste za 300 m. Kad i drugi avion sleti, ponovno se daje nalog avionima za spuštanje za 300 m. Napokon će tako doći na red za spuštanje i onaj avion koji je bio najviši.

Međutim, za to vrijeme su zacijelo pridošli novi avioni koji opet kruže na 300, 600, 900 i više metara čekajući na red za slijetanje.

Slijetanje bez vanjske vidljivosti. Zračnom saobraćaju najveća je smetnja magla, osobito kod slijetanja. Svake zime magla nanese londonskom aerodromu velike štete. Tako je 1970. aerodrom bio posve zatvoren 125 sati bez prekida. Otkazano je 760 letova, a zbog toga su društva izgubila oko sedam milijuna dinara.

Putniku koji je preletio čitav ocean neće mnogo smetati ako se spusti na neki aerodrom gdje nema magle i odanle na odredište krene vlakom. Ali ako leti na kratkim daljinama, gubitak vremena je mnogo neugodniji, jer poslovni ljudi i uzimaju avion umjesto vlaka kako bi stigli brže na odredište. Npr. ako avion leti iz Zagreba u Sarajevo te zbog magle skrene u Mostar, gdje je magla rijetka pojava, putnici se odanle moraju vratiti u Sarajevo vlakom, pa će s čekanjima na veze izgubiti mnogo vremena. Naprotiv Amerikancima ne smeta ako se avion zbog magle, umjesto u Parizu spusti u Marseilleu. Stoga avioni srednjih i kratkih pruga trpe zbog čekanja uvijek više štete nego prekooceanski avioni dugih pruga. Odatle je i stara rugalica za avione na kratkim prugama da su to brza prijevozna sredstva za putnike kojima se ne žuri.

Po maglovitu vremenu i slaboj vidljivosti avioni danas mogu slijetati na aerodromsku stazu s pomoću instrumenata. Pri tom se upotrebljavaju najviše dva načina: sistem za slijetanje s pomoću instrumenata ILS (Instrument Landing System, č. Instrjument Lending Sistem) i sistem za prilaženje s pomoću kontrole s tla, skraćeno GCA (Ground Control Approach, č. Graund Kontrol Eproč).

Aerodromski uređaji ILS emitiraju elektromagnetske valove što ih prima prijemnik u avionu koji pilotu pokazuje smjer i visinu iznad sletne staze. Gledajući u pokazivač svog prijemnika pilot ispravlja smjer prema stazi i spušta se, a kad se spusti na oko 50 m iznad nje, obično ugleda stazu ili svjetiljke na njoj i slijeće sam. Taj se sistem sve više usavršava, pa se može povezati s uređajem za automatsko pilotiranje koji se zove *auto-pilot*. S pomoću tog uređaja avion se spušta na stazu posve sam bez posredovanja pilota.

Sistem GCA ima dva radara postavljena na nekoliko metara od sredine sletne staze. Radar-tražilac neprekidno se okreće i traži avione. Kad otkrije avion koji prilazi na oko 80 km od aerodroma, kontrolor s pomoću radija daje pilotu upute gdje se nalazi i kako treba da leti da bi došao pred vrata aerodroma u određenom kursu i na najpogodnijoj visini. Drugi, nepomični radar-usmjerivač kontrolira vodoravni sektor širok 20° u smjeru sletne staze i uspravni sektor širok 7° iznad ravnine staze. Kad se avion približi na oko 20 km ispred vrata aerodroma, motrioci smjera i motrioci visine hvataju ga na svojim radarskim zaslonima i javljaju podatke kontroloru, koji radio-telefonom priopćuje pilotu visinu, kut poniranja i upozorava ga na promjene brzine. Na taj način usmenim uputama dovodi avion u smjer slijetanja i na visinu od oko 50 m iznad početka sletne staze, gdje pilot obično ugleda stazne signale i sleti sam. Ako se pilot na vrijeme ne orijentira, mora povećati brzinu, podići se, izvršiti pun krug i vratiti se ponovno na početak sletne staze.



Predvorje putničke zgrade londonskog aerodroma. Deset pomičnih stubišta dovozi doputovale putnike s gornjeg perona u predvorje, a drugih deset stubišta odvozi putnike, koji odlaze iz Londona, u podzemlje gdje se nalaze carinarnice, poslovnice, restauracija i čekaonice. U predvorju su banke, mjenjačnice, pošta, putničke agencije. Uz predvorje su prodavaonice, brijačnice, češljaonice, kupaonice, prostorije za konferencije, kino-dvorana, prostorije za majke i djecu, dječje prihvatilište, turističke poslovnice i ured za informacije

RAKETE

Raketa je samokretni projektil koji se giba porivom plinova prema Newtonovu zakonu akcije i reakcije. U raketi su sva sredstva potrebna za pogon: gorivo i sredstvo koje omogućuje izgaranje. Njoj nije potreban atmosferski zrak, pa se ona može gibati i u zrakopraznu prostoru. Pri izgaranju goriva u raketi se razvijaju plinovi i stvaraju vrlo jak pritisak. Plinovi izlaze kroz sapnicu nadzvučnom brzinom od oko 3000 m u sek. Što plinovi istječu iz sapnice većom brzinom, to je i poriv veći, i raketa se brže kreće.

Raketa je valjkasta oblika sa šiljastim vrhom. Na donjem kraju ima sapnicu iz koje sukljaju plinovi, a u unutrašnjosti se nalaze gorivo i uređaji za pogon i upravljanje. Osim toga moderna raketa nosi i koristan teret: instrumente za različna mjerenja, foto-kamere za snimanje Zemljine površine, pa i kapsulu u kojoj se mogu smjestiti kozmonauti.

Povijest rakete. Rakete nisu nov izum. Znali su ih izrađivati Kinezi i Indijci već prije osam stotina godina. U jednom se starom rukopisu opisuje kako su Kinezi u ratu s Mongolima 1232. privezali rakete uz strelice da bi letjele na veće daljine.

U raketi su sva sredstva za pogon, gorivo i oksidator, koji omogućuje izgaranje. Pri izgaranju goriva stvaraju se plinovi koji sukljaju velikom brzinom iz rakete i stvaraju potisak. Što plinovi istječu većom brzinom, potisak je to veći i raketa se brže giba. Raketi ne treba zrak. Ona se giba i u zrakopraznom svemirskom prostoru

U Italiji su u XIII st. upotrebljavali rakete na brodovima u borbi protiv pirata, morskih razbojnika. Iz Italije i potječe ime raketa od riječi rocchetta (roketa), što znači vreteno. U XIV i XV st. opsadnici su raketama bombardirali utvrđene gradove. Turci su ih 1453. upotrebljavali pri osvajanju Carigrada. Kad su Englezi zaposjedali Indiju, indijski je knez Tipoe Sahib imao 5000 vojnika naoružanih raketama, kojima se uspješno branio od napadača. Godine 1807. britanska flota zasula je København sa 20 000 zapaljivih raketa izbačenih s brodova te zapalila dansku flotu i grad koji je izgorio gotovo do

temelja. Rakete su posljednji put upotrijebljene u austrijsko-talijanskom ratu 1866, a zatim su napuštene, jer su se već usavršili topovi koji su gađali točnije mnogo razornijim rasprsnim granatama. Rakete su se otad upotrebljavale samo u vatrometima.

Goddardove rakete. Sedamnaestogodišnji đak *Robert Hutchings Goddard* (Hačings Gaderd) iz Worcestera (Vustera) u SAD naumio je 1899. izraditi takvu raketu koja bi mogla uzletjeti do visokih slojeva atmosfere. Dugo je o tom razmišljao i kao student iskušavao je vatrometske rakete punjene barutom. Izradio je mjernu spravu i njome mjerio porivnu snagu takve rakete, ali je napustio dalje pokuse jer je htio završiti studij.

Završivši studij Goddard je 1914. nastavio pokuse sa signalnim i brodskim raketama i ponovno mjerio njihovu porivnu snagu. Ustanovio je da stupanj djelovanja signalnih raketa nije veći od 2%. To znači da se samo malen dio toplinske energije plinova u unutrašnjosti rakete pretvara u porivnu silu jer se mnogo toplinske energije gubi na izlazu iz sapnice budući da su i izlazni plinovi jako vrući. Mnogi i danas misle da raketa ima to veću snagu što su izlazni plinovi topliji. Takvo je mišljenje pogrešno; naprotiv, plinovi u gorištu moraju biti što topliji kako bi u raketi stvarali što veći tlak, a izlazni plinovi u mlazu moraju biti što hladniji kako bi tlak bio tu najmanji, jer je tada potisak na unutrašnjem čelu rakete najveći.

Višestepene rakete. Raketa posve napunjena barutom imala je velik nedostatak. U njoj barut izgara od sapnice prema unutrašnjosti, pa tako prazni prostor između sapnice i baruta postaje postepeno sve veći, i gorište se nepotrebno povećava. Teška čelična cijev sve više postaje balast koji raketa beskorisno tegli sa sobom. Balast je to štetniji što je u cijevi veći prazan prostor. Uskoro nepotrebni balast dostiže 50% od ukupne težine, pa se penje na 60, 70, 80, 90% i više. To znači da pri kraju izgaranja samo 10% porivne snage vrši koristan rad, a 90% se troši na tegljenje nepotrebna tereta, tj. prazne raketne cijevi. Ovaj se nedostatak može ukloniti podjelom rakete u stepene.

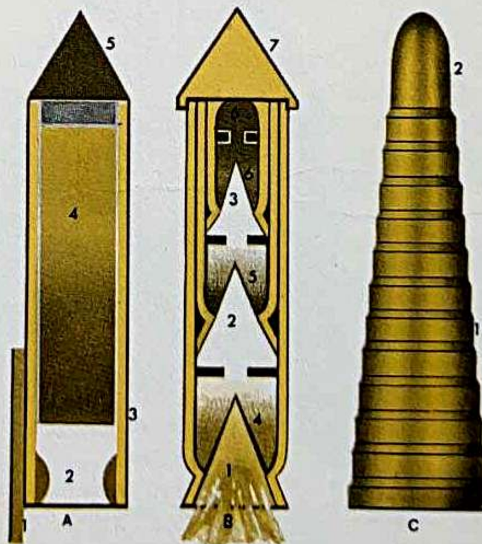
U Amsterdamu je još 1650. objavljena stručna knjiga o artiljeriji, koju je na latinskom jeziku napisao poljski topnički oficir Karel Siemienowicz (Sjemjenović). U knjizi se nalazi slika barutne rakete koja je sastavljena od tri manje rakete poređane jedna povrh druge. Kad se upali barut u prvoj, najnižoj cijevi, ona potjera čitavu raketu uvis. Pošto plamen zahvati najviši sloj baruta u prvoj cijevi, upali se u drugoj cijevi naboj koji prvi dio rakete odbaci, a ostala dva dijela tjera uvis. Isto se ponavlja kad plamen zahvati barut u trećoj cijevi: naboj odbaci drugi dio rakete, a dalje pojuri još većom brzinom samo treći dio tjeran barutnim nabojem u trećoj cijevi.

Raketa koja je podijeljena u tri dijela, od kojih svaki dio ima svoj barutni naboj i svoju sapnicu, zove se *trostepena raketa*. Ona dostizava znatno veću brzinu nego obična raketa iz koje se ne izbacuje beskorisni balast. Najveću brzinu dostizava treći stepen rakete jer barutni plinovi tjeraju istom porivnom snagom samo jednu trećinu težine.

Goddard je konstruirao šesterostepenu raketu u kojoj je svaki stepen bio sastavljen od veoma mnogo usporedno privezanih malih raketa.

Goddard je marljivo proučavao i poboljšavao izgaranje u raketi, istraživao je najpogodniji oblik sapnice, a umjesto crnog baruta upotrijebio je nitrocelulozni bezdimni barut. God. 1916. izradio je raketu kojoj je stupanj djelovanja umjesto 2% dostizao već 60%. Brzinu istjecanja plinova iz sapnice povećao je od 300 m u sek. na 1800 m u sek. Nakon toga ispitivao je da li će se raketa gibati i u zrakopraznu prostoru te je ustanovio da joj je poriv u zrakopraznu prostoru jači, a mlaz duži. Prema tome poriv ne zavisi o zraku iza sapnice, nego samo o tlaku na unutrašnjoj čeonoj strani gorišta.

Rakete s tekućim gorivom. Goddard nije bio zadovoljan ni s višestepenom raketom u kojoj je izgarao barut. U svakom stepenu pri izgaranju povećavalo se gorište, pa se u njemu mijenjala temperatura i tlak, a time i porivna snaga rakete. Zbog toga je uskoro izradio novu raketu u kojoj je gorište bilo bolje izrađeno, a barut je u obliku malih kuglica smjestio izvan njega.



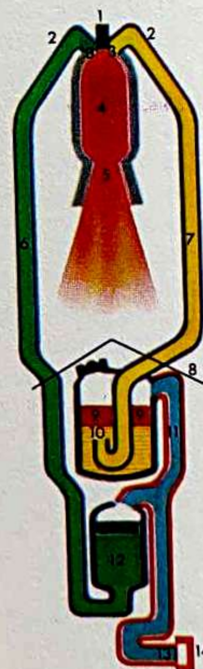
Prve barutne rakete: A. obična raketa na motki (1. vodilica, 2. gorište i mlaznica, 3. okućje, 4. naboj, 5. kapica); B. Siemienowiczeva trostepena raketa (1, 2. i 3. gorišta prvog, drugog i trećeg stupnja, 4, 5. i 6. naboji prvog, drugog i trećeg stupnja, 7. kapica i korisni teret); C. Goddardova višestepena raketa od više raketnih svežnjeva (1. raketni svežnjevi, 2. kapica i korisni teret)



Otac moderne rakete, dr Robert Goddard, iskušava prvu raketu s tekućim gorivom 16. III 1926. kod Auburna (država Massachusetts)

Posebna sprava, kao mali mitraljez, ubacivala je u gorište barutne kuglice koje su izgarale uvijek pod jednoličnim prilikama. Taj raketni motor nije dobro radio jer se mali mitraljez često kvario. Nedostatak je naveo izumitelja na pomisao da umjesto baruta upotrijebi neko tekuće gorivo, a umjesto mitralješčića malu sisaljku. Teškoća je bila u tom što nijedno gorivo osim baruta ne izgara samo, nego mu se mora dodavati i kisik. Raketa je, dakle, morala nositi dva goriva: benzin ili neko drugo gorivo i kisik ili neko drugo sredstvo za izgaranje koje se naziva *oksidator*. Međutim, ni ubrizgavanje tekućina nije bilo lako riješiti. Sisaljke su morale svladavati tlak od 20 atmosfera koji je vladao u gorištu. Visokotlačne sisaljke Goddard je izradio 1921, a 1922. dovršio je i iskušao, prvi na svijetu, tekućinski raketni motor s jednoličnim tlakom. Međutim, ni taj motor nije dobro radio. Stoga je počeo graditi drugi motor s tekućim gorivom, ali je i taj motor bio odviše težak.

Goddard je počeo konstruirati i treći motor s novim načinom ubrizgavanja goriva. U njemu je upotrijebio kisik ohlađen na —183°C, a pri toj je temperaturi kisik tekućina. Tekući se kisik pri običnoj temperaturi isparuje, a ako je zatvoren u posudi, stvara u njoj tlak. Goddardov motor imao je dva spremnika: jedan za tekući kisik i drugi za benzin. Pare tekućeg kisika stvarale su potreban tlak u oba spremnika, a služile su i kao oksidator za izgaranje benzina. Taj je motor bio lak, i raketa je mogla uzletjeti. Tako je nastala prva Goddardova raketa s tekućim gorivom, koja je iskušana 16. III 1926. na polju kod Auburna (Oberna) u državi Massachusetts (Mesečusets) u SAD. Ona je od vrha gorišta do dna benzinskog spremnika bila visoka 4 m i sastavljena od dva razdvojena dijela: glave (60 cm dugo gorište sa sapnicom) i repa (dva spremnika, za benzin i tekući kisik). Oba dijela bila su međusobno povezana dvjema cijevima za gorivo i oksidator. Iznad spremnika za tekući kisik bio je namješten krović koji je štitio spremnike od vrućeg mlaza iz mlaznice. Na dnu repa bila je još jedna cjevčica s priključnim ventilom kroz koju se dovodio ugljični dioksid (tlačni plin) prije puštanja rakete kako bi se ubrzalo stvaranje tlaka u spremnicima goriva. Kad je raketa uzletjela, cijev se odvojila, i ventil se zatvorio. Pogonski uređaj bio je na ovoj raketi neobično smješten. Gorište s mlaznicom nalazilo se na njezinu vrhu.



Shematski presjek prve Goddardove rakete na tekuće gorivo: 1. brizgalo, 2. ventil, 3. upaljač, 4. gorište, 5. sapnica, 6. dovod benzina, 7. vod kisika, 8. štitnik, 9. čepovi, 10. spremnik kisika, 11. vod tlačnog plina, 12. spremnik benzina, 13. vod tlačnog plina, 14. ventil

Kad su na Goddardov znak otvoreni svi ventili i okinut upaljač, planuo je benzin s kisikom u gorištu, i raketa je uzletjela uvis. Nakon 2½ sekunde dosegla je visinu od 54 m i brzinu od 100 km na sat, ali tada se istrošilo gorivo, i ona je pala na zemlju. Gledaocu bi se takav malen skok neobične rakete učinio možda smiješnim, ali je to bio važan događaj i velik uspjeh — prvi uspješni let rakete s tekućim gorivom.

Poslije tri godine usavršavanja gorišta i ostalih uređaja Goddard je dovršio drugu raketu 1929. Ona je bila visoka 3,3 m, a motor se nalazio na donjem kraju. Na vrhu su bili barometar, termometar i fotografska kamera koja će na tjemenu putanje snimiti ljestvice tih dvaju instrumenata. U raketnoj glavi je bio i padobran kojim će se instrumenti spustiti na zemlju.

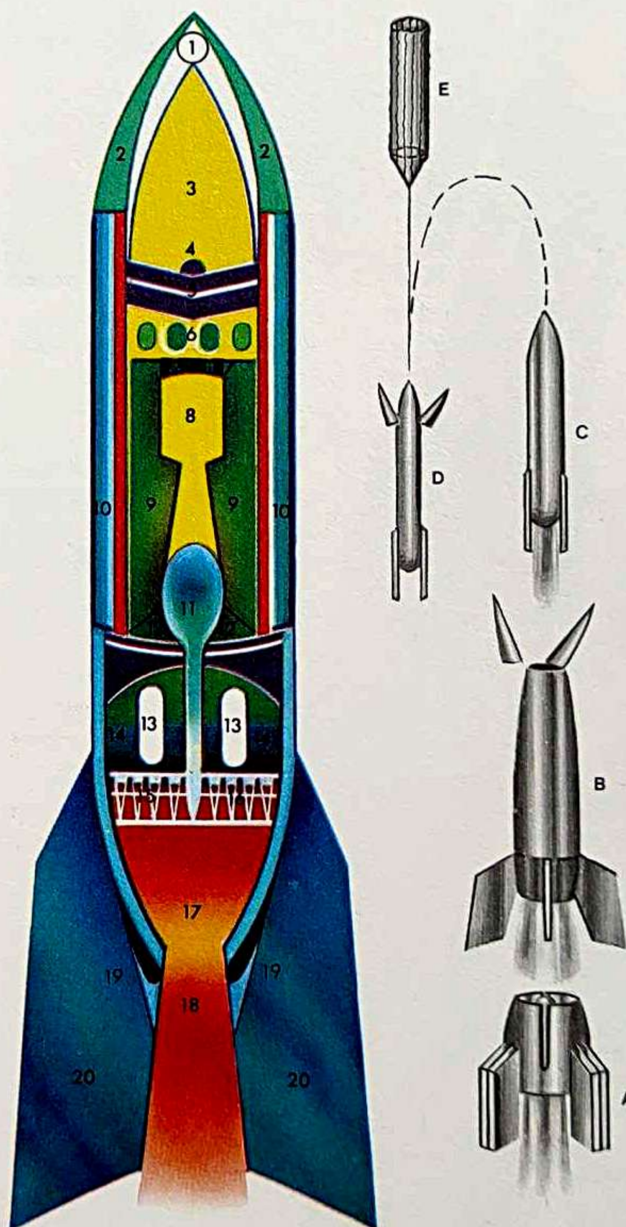
Raketa je uz strahovit prasak uzletjela, ali se u visini od 27 m prebacila u zraku i pala na zemlju. Unatoč tome pokus je uspio, a i instrumenti su izvađeni iz glave neoštećeni. Zbog jakog praska, koji se čuo na 3 km od uzletišta, nastala je uzbuna jer su svi mislili da se strmoglavio neki avion. Dojurili su i vatrogasci, koji su zbog opasnosti od šumskih požara zabranili dalje pokuse na tom mjestu. Goddard je otad iskušavao svoje rakete u New Mexicu (Nju Meksiku), kamo je premješten i njegov toranj. Oko 100 km od toga mjesta nalazi se današnje raketno uzletište White Sands (Uajt Sends = Bijeli pijesci).

Iduća raketa Roswell (Rozvel) uzdigla se 1930. do visine od 600 m brzinom od 800 km na sat, a 1934. dosegla je 1140 km na sat, dakle, gotovo brzinu zvuka. U svibnju 1935. izbačena je nova raketa, upravljana giroskopom, uspravno u visinu od 2250 m. Goddard je još 10 godina usavršavao rakete i postao šef baze za usavršavanje raketa u White Sandsu. Najviše je dotjerivao sisaljke za gorivo, ali nije doživio konačan uspjeh. Umro je 10. VIII 1945, a nekoliko dana poslije njegove smrti izbačena je iz uzletišta White Sands visinska raketa WAC Corporal (Korporel), koja je dosegla visinu od 70 000 m. Nakon četiri godine dosegla je takva raketa, ugrađena u vrh jedne njemačke rakete V-2, visinu od 403 km. Bio je to golem uspjeh i velik korak u osvajanju svemirskih visina. Goddard se opravdano naziva ocem moderne rakete.

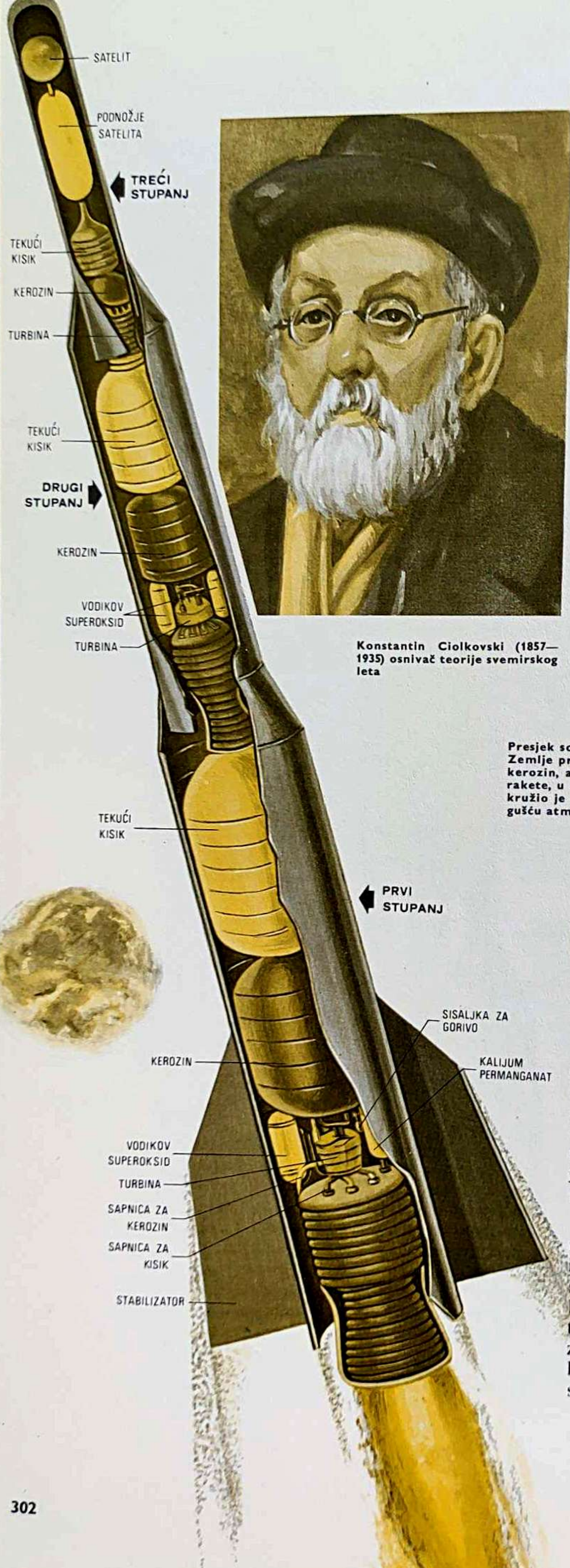
Oberthova raketa. Hermann Oberth iz Sibiua u Rumunjskoj počeo se baviti raketama 1912. kao osamnaestogodišnji student, ali je prekinuo pokuse zbog rata. Godine 1923. dovršio je planove visinske rakete tipa B i napisao djelo Die Rakete zu den Planetenräumen (Rakete za planetne prostore). Oberth nije ni pomislio na barutne rakete, nego se odmah posvetio raketama s tekućim gorivom. Njegova raketa opisana u knjizi imala je dvostepenski pogon s mlaznicama na dnu tijela, a za povećanje uzgona pri uzlijetanju dodao joj je startnu pomoćnu raketu, koja se danas često naziva engleskim imenom *booster* (buster).

Startnu raketu, tešku 220 kg, tjeralo bi tekuće gorivo (alkohol i tekući kisik), koje bi izgaralo 8 sek. Tada bi čitava raketa dostigla konačnu brzinu od 500 m u sek., a onda bi se startna raketa odvojila od glavne dvostepene rakete.

Oberthova raketa bila je doista izvrsno zamišljena, ali trebalo je još mnogo rada i vremena da se ona izradi. Međutim, već se u to doba mnogo raspravljalo i pisalo o putovanju čovjeka u svemir.



Lijevo: shematski presjek Oberthove rakete B iz 1923. Raketa na vodik u raketi na alkohol: 1. padobran, 2. kapci, 3. spremnik tekućeg vodika, 4. instrumenti, 5. sisaljke, 6. spremnici tekućeg kisika, 7. brizgala vodika i kisika, 8. gorište, 9. hladnjak, 10. spremnik alkohola, 11. spremnik tlačnog plina, 12. instrumenti, 13. sisaljke, 14. spremnik tekućeg kisika, 15. brizgala kisika, 16. brizgala alkohola, 17. gorište, 18. sapnica, 19. plašt hladnjak, 20. stabilizatori.
Desno: A. pomoćna raketa, B. raketa na alkohol, C. raketa na tekući vodik, D. ista raketa s otvorenim preklopnim kapcima, E. padobran



Konstantin Ciolkovski (1857—1935) osnivač teorije svemirskog leta

Konstantin Ciolkovski. U doba kad još nije bilo aviona, mnogi su učenjaci i pisci vidjeli u raketi jedino sredstvo kojim bi se čovjek mogao vinuti u svemir. Jedni su o tom pisali, a drugi su sve smatrali plodom ispraznih misli i mašte.

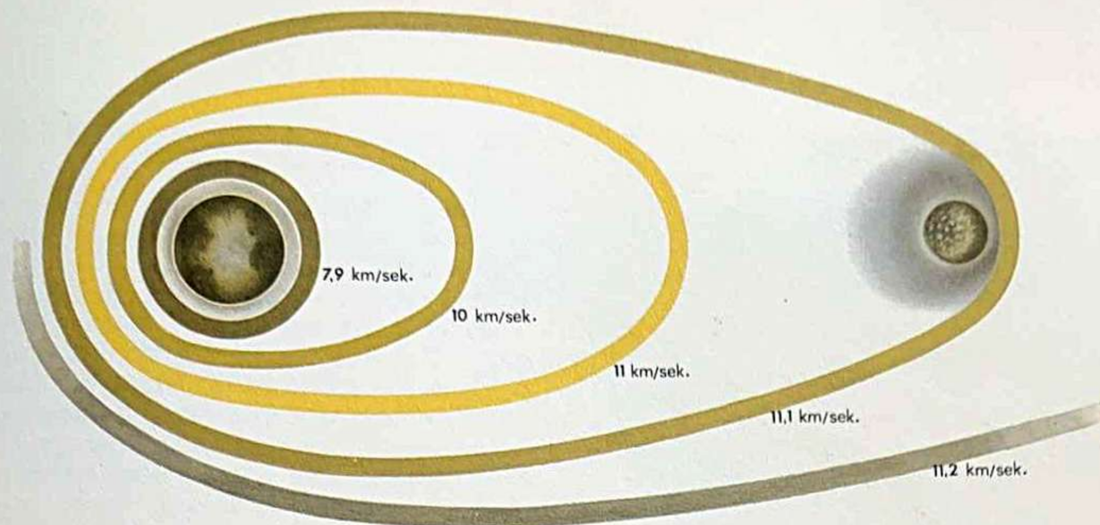
Proučavanjem leta u svemir prvi se počeo baviti Rus poljskog podrijetla Konstantin Eduardovič Ciolkovski. On se 1863. u 26. godini života počeo baviti proučavanjem reaktivnog pogona, a zatim se posvetio ideji gradnje metalnog balona. Izučavanjem leta u svemir nastavio je 1896. Svoje djelo: Istraživanje svemirskih prostora s pomoću raketnih sprava objelodanio je 1903. U njemu je opisao zakon najveće raketne brzine i prvi iznio zamisao i shemu rakete s tekućim gorivom. Takvu raketu prvi je izradio Goddard poslije trideset godina. Ciolkovski je u svojim idejnim skicama predvidio sva glavna svojstva modernih raketa, a u kasnijim radovima i nuklearni pogon. Opisao je uvjete leta na Mjesec i u međuplanetarni prostor te prvi ustvrdio da za letove na druge planete treba izraditi *svemirske stanice*, tj. rakete-umjetne satelite, a 1929. predložio je gradnju višestepenih raketa. Zbog ovako plodnog pionirskog rada Ciolkovskoga nazivaju ocem astronautike.

Presjek sovjetske trostepene rakete, kojom je 4. X 1957. izbačen u putanju oko Zemlje prvi umjetni satelit »Sputnik I«. U sva tri stupnja rakete gorivo bijaše kerozin, a oksidator tekući kisik. »Sputnik« se nalazio na vrhu trećeg stupnja rakete, u okućju koje se rastvorilo i izbacilo satelit u putanju. Sa »Sputnikom« kružio je oko Zemlje i treći stupanj rakete sve do 18. XII 1957. kad je ušao u gušću atmosferu i izgorio

Astronautika (grč. astron = zviježđe i nautika = plovidbena vještina) je nauka koja se bavi proučavanjem leta u svemir i upravljanjem svemirskih brodova. Svemirskoj plovidbi dao je ime astronautika Francuz *Robert Esnault-Pelterie* (Rober Esnol-Pelteri) autor poznatog djela L'Astronautique (L Astronotik).

Između astronautike, koju nazivaju i *kozmonautikom* (grč. kosmos = svemir) i *aeronautike* (grč. aer = zrak), koja proučava letenje u atmosferi nema oštre granice. Zbog toga se te dvije nauke dodiruju i dopunjuju. Najvažniji je dio astronautike raketna tehnika, jer su rakete sada jedino sredstvo kojim se mogu dostići najveće tzv. *kozmičke brzine* za put u svemirski prostor.

Raketa je idealan astronautički motor jer se može kretati i u zrakopraznu prostoru. Prvi je i najvažniji astronautički problem svladavanje sile teže i zračnog otpora pri prolasku rakete kroz Zemljinu atmosferu, a za putovanje čovjeka treba svestrano proučiti može li ljudski organizam izdržati golema ubrzanja pri uzlijetanju rakete, bestežinski let u svemiru i može li preživjeti sve druge još slabo poznate opasnosti.



Tijelo izbačeno sa Zemlje prvom kozmičkom brzinom (7,9 km/sek.) kruži oko nje u krugu. Tijelo izbačeno sa Zemlje većom brzinom, ali manjom od 11,2 km/sek., giba se oko Zemlje po elipsi. Najmanja brzina da neko tijelo nadvlada privlačnu silu Zemlje, odleti u svemir i postane Sunčev umjetni satelit, zove se druga (parabolna) kozmička brzina (11,2 km/sek.); tijelo tada obilazi Zemlju po paraboli. Ako je brzina veća od 11,2 km/sek. putanja je hiperbola. Po paraboli i hiperboli tijelo se giba u Sunčevu gravitacijskom sustavu. Tijelo koje se kreće brzinom od 16,7 km/sek. (treća kozmička brzina), ili brže, nadvladava privlačnu silu Sunčeva sustava i leti u međuzvjezdani prostor. Na druge planete treba letjeti brže od druge, a sporije od treće kozmičke brzine

Da bi raketa mogla svladati privlačnu silu Zemlje i dići se u svemirski prostor, mora uzletjeti golemom brzinom. Ali postizavanje velikih brzina zavisi i o tzv. *odnosima masa*, tj. o odnosu između početne mase čitave rakete prije uzleta i njezine mase nakon izgaranja pogonskog goriva. Ni najmodernija goriva ne daju plinovima brzinu veću od 3000 m u sek., a odnos masa je još uvijek odviše velik jer gorivo zauzima velik postotak težine i prostora u raketi. To je razlog da obična raketa još ni danas ne može ponijeti toliko goriva da bi se mogla osloboditi Zemljine privlačne sile. Stoga se u današnjem stanju raketne tehnike put u svemir može izvršiti samo s pomoću *višestepenih raketa*, tj. raketom koja je sastavljena od 3 do 4 samostalna dijela. Najniži stepen, tzv. matična raketa, sadržava najviše goriva jer ona mora uzdići čitavu raketu kroz najgušće slojeve atmosfere koji su i najbliži tlu, pa je ovdje i Zemljina privlačna sila najveća. Kad se u matičnoj raketi utroši gorivo, u pogodnom se trenutku izbaci iz nje druga raketa. Njezini plinovi potjeraju drugi stepen još većom brzinom, a kad i u njemu izgori pogonsko gorivo, izbacuje se treći pa i četvrti stepen rakete. Brzine pojedinih stepena zbrajaju se, pa posljednja, vršna raketa, koja nosi korisni teret dostizava željenu kozmičku brzinu.

Kozmičke brzine. Na svako tijelo koje se kreće kroz zrak djeluje privlačna sila Zemlje i otpor zraka. Ako se s nekoga visokog mjesta izbaci neko tijelo velikom brzinom u vodoravnom smjeru, zračni otpor mu odmah smanjuje brzinu, a Zemljina privlačna sila, koja se naziva *sila teža* ili *gravitacija*, privlači ga prema Zemljinu središtu. Tijelo se zbog toga ne kreće vodoravno (kako bi letjelo u zrakopraznu prostoru i kad ne bi djelovala gravitacija), nego pada prema Zemlji i pri tom se giba po zakrivljenoj putanji. Ako je tijelo bačeno malom brzinom, ono već nakon kratkog vremena i male daljine pada zbog gravitacije na Zemlju. Njegova je putanja elipsa, kojoj se udaljenije žarište nalazi u Zemljinu središtu.

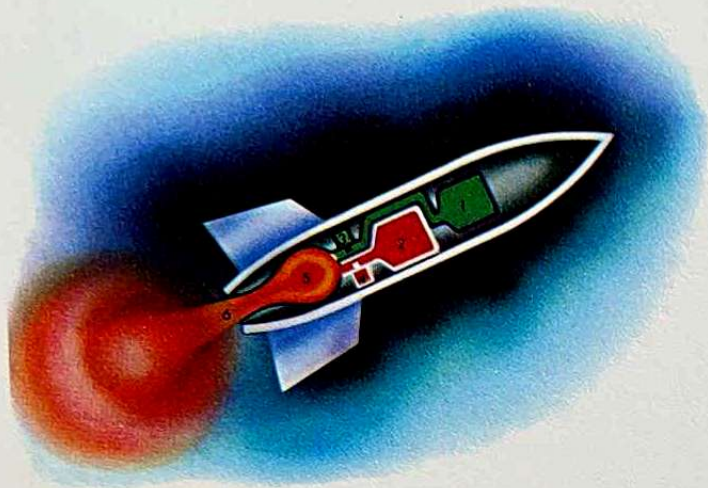
Ako se tijelo izbaci većom početnom brzinom, ono prelazi veću daljinu i pada mnogo dalje, ali pri tom se opet kreće po elipsi kojoj je dalje žarište u središtu Zemlje. Međutim, tijelo se može izbaciti takvom brzinom da se njegovo udaljavanje od Zemlje i padanje izjednačuju. U tom slučaju tijelo nastavlja svoj let neprekidno na istoj visini od Zemljine površine i giba se oko nje po kružnici kojoj se središte nalazi u Zemljinu središtu. Brzina kojom je tijelo bačeno da bi kružilo po kružnici oko Zemlje naziva se *brzina kruženja* ili prva kozmička brzina. Na površini Zemlje ona iznosi oko 7,9 km u sek., na visini od 200 km oko 7,79 km u sek., a na visini od 2000 km oko 6,9 km u sek.

Ako je brzina veća od 7,9 km u sek., tijelo se kreće opet po elipsi, kojoj je sada bliže žarište u središtu Zemlje. Tijela se kreću po takvim elipsama sve dok im početna brzina ne dostigne 11,2 km u sek., a tada im putanja postane parabola. Kad se neko tijelo izbaci sa Zemlje brzinom većom od 11,2 km u sek., ono se kreće po hiperboli. Sva tijela koja se kreću po paraboli i heperboli udaljuju se od Zemlje i više se ne vraćaju. Zbog toga se početna brzina od 11,2 km u sek. naziva *brzina oslobađanja* ili *druga kozmička brzina*.

Da bi se neko tijelo oslobodilo od privlačne snage Sunca, trebalo bi da se s njega izbaci brzinom od najmanje 16,7 km u sek., a to je brzina oslobađanja od Sunca ili *treća kozmička brzina*.

Iz ovih se tumačenja vidi da je za odašiljanje svemirskih brodova i umjetnih satelita najvažniji element brzina, a ona zavisi uglavnom o podjeli rakete na stepene i o vrsti goriva.

POGON RAKETA



Shematski presjek rakete s tekućim gorivom: 1. gorivo, 2. oksidator, 3. sisaljke za gorivo, 4. sisaljka za oksidator, 5. gorište, 6. sapnica

Prema načinu kako se izbacuju velikom brzinom čestice neke materije iz raketnih mlaznica razlikuju se tri glavne vrste raketa. Jednima daje energiju kemijska reakcija, tj. izgaranje goriva; to su *rakete na kemijski pogon*. U drugima se tvar, koja se izbacuje iz mlaznica, grije neposredno do vrlo visoke temperature, kao npr. u *raketama na nuklearni pogon*. U trećoj vrsti raketa izbacuju se električki nabijene čestice, koje se ubrzavaju u električnom ili u elektromagnetskom polju; to su *rakete na električni pogon*. Sve sadašnje rakete pripadaju prvoj vrsti, jer njih tjera kemijska reakcija, tj. izgaranje pogonskog goriva. Druge se dvije vrste raketnog pogona (nuklearni i električni) ispituju i postepeno usavršavaju.

Rakete s kemijskim pogonom dijele se u dvije vrste: jedne tjera čvrsto, a druge tekuće gorivo.

Rakete s čvrstim gorivom mnogo su jednostavnije od drugih. Njihov raketni motor ima samo barut, koji se nalazi u gorištu, upaljač i mlaznicu. Barutnim raketama dostignuti su, osobito u SSSR, dobri rezultati. One su tjerale i dovodile na svemirske putanje sve prve umjetne satelite koji su zadivili svijet.

Čvrsto gorivo naziva se redovito običnim imenom *barut*, iako to nije barutni prah kakav se upotrebljavao u staro doba. Nije to ni čvrsta tvar, nego veoma složena kemijska smjesa, koja sadržava gorivo i oksidator, izgara čim se upali i nalići tijestu, mekoj plastičnoj tvari ili sintetičnom kaučuku.

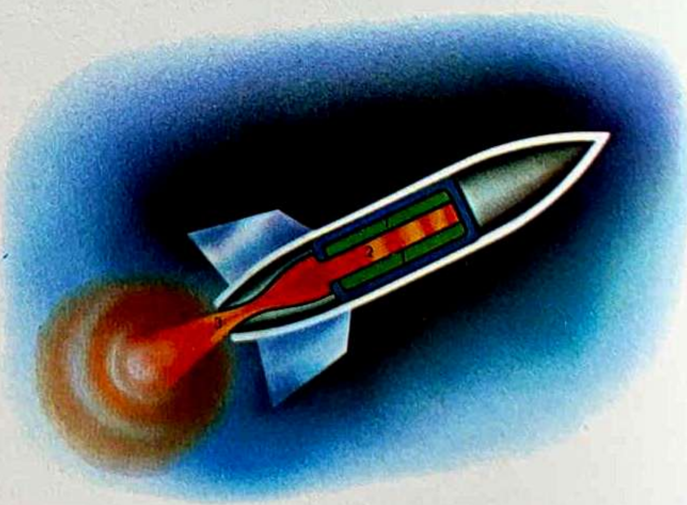
Baruti se dijele u dvije glavne vrste: *istovrsne* (homogene) i *složene* (kompozitne). *Istovrsni baruti* se izrađuju od nitroceluloze želatinirane nitroglicerinom, uz dodatak nekih drugih tvari. Oni se tiješte ili lijevaju. Lijevanjem se izrađuju i blokovi teški više stotina kilograma. Istovrsni baruti se upotrebljavaju samo za manje rakete.

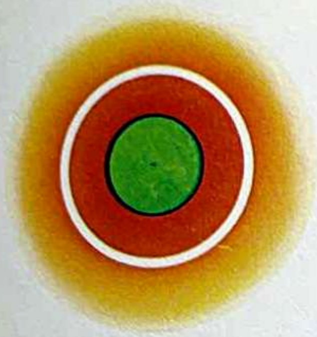
Za najveće rakete izrađuju se *složeni baruti* koji su sastavljeni od goriva (vinilske, polisulfitne ili poliuretanske smole) i oksidatora (nitrata ili perklorata alkalnih metala ili amonijuma), a dodaju se i laki metali (aluminij ili magnezij) u sitnom prahu, koji pri izgaranju stvaraju vrlo visoku temperaturu. Od takvih baruta izrađuju se blokovi za najveće rakete, teški i do 200 tona. Međutim, iako se čvrsta goriva neprekidno usavršavaju, ona ipak daju slabiji ukupni potisak nego tekuća goriva, ali imaju nekoliko prednosti. Baruti su mnogo gušći pa zauzimaju malo prostora, a motori su jednostavniji i pouzdaniji.

Izgaranje, deflagracija i eksplozija. Kad se neka goriva tvar zapali, ona izgara, a plamen se širi od upaljenog kraja prema drugom kraju. Zgužvan list papira u obliku baklje gori od jednog do drugog kraja nekoliko sekunda. Jednak list papira nakvašen uljem gori brže, a namočen benzinom još brže. Kad se plamen širi tako brzo da se okom ne može slijediti, i kad se čini kao da je čitava tvar planula i izgorjela u jednom trenu, izgaranje se naziva deflagracija ili eksplozija. Međutim, predmet nikad ne izgori odjednom, nego se fronta kemijske reakcije (rub plamena) širi prevelikom brzinom da bi se mogao pratiti okom.

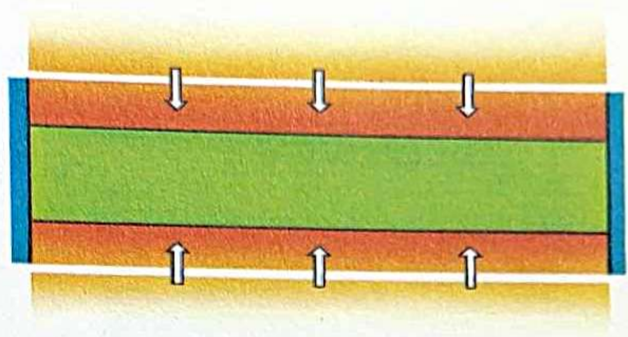
Kad se plamen širi brzinom od 50 do 500 m u sek. kaže se da je nastala *deflagracija* (naglo izgaranje). Tako naglo izgaraju benzinski plinovi, rasvjetni plin u zatvorenom prostoru, barut u pušci i topu. Brzina izgaranja veća od 2000 m u sek. zove se *eksplozija*. Ima tvari koje izgaraju brzinom između 400 i 2000 m u sek., ali one se malo upotrebljavaju jer prebrzo izgaraju da bi se upotrijebile za izbacivanje zrna i granata, a presporo da bi se iskoristile za miniranje i razaranje.

Shematski presjek rakete s čvrstim gorivom: 1. koluti baruta (pri izgaranju daju neprekidno stalan potisak), 2. gorište, 3. sapnica



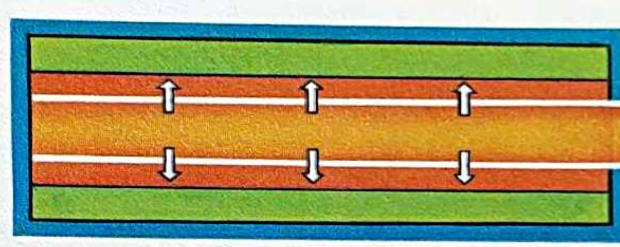


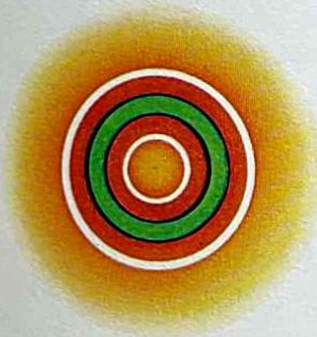
Barutnom valjku, koji izgara s vanjske strane, površina se smanjuje i potisak postaje sve slabiji



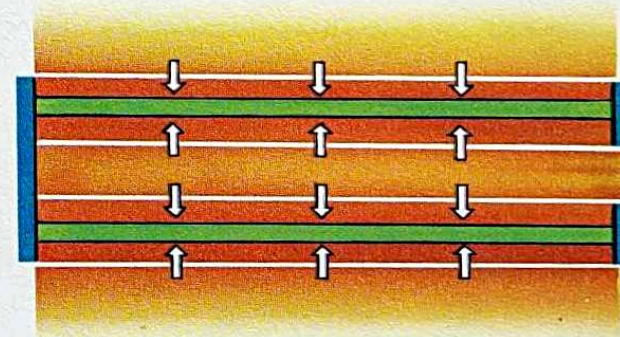


Barutnoj cijevi, koja izgara s unutrašnje strane, površina se povećava, stoga raste i potisak



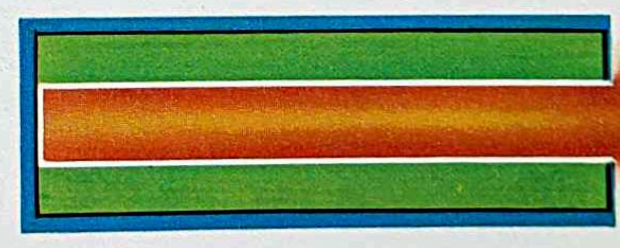


Barutnoj cijevi, koja izgara s unutrašnje i vanjske strane, površina izgaranja i potisak su stalni



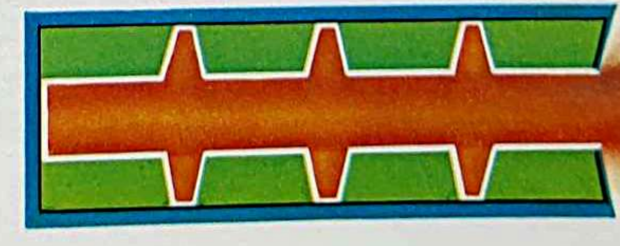


Barutnoj cijevi koja ima iznutra oblik zvijezde, površina izgaranja je stalna, stoga je stalan i potisak





Barutnoj cijevi, koja je iznutra sastavljena od kotura, ne mijenjaju se površina izgaranja, a ni potisak



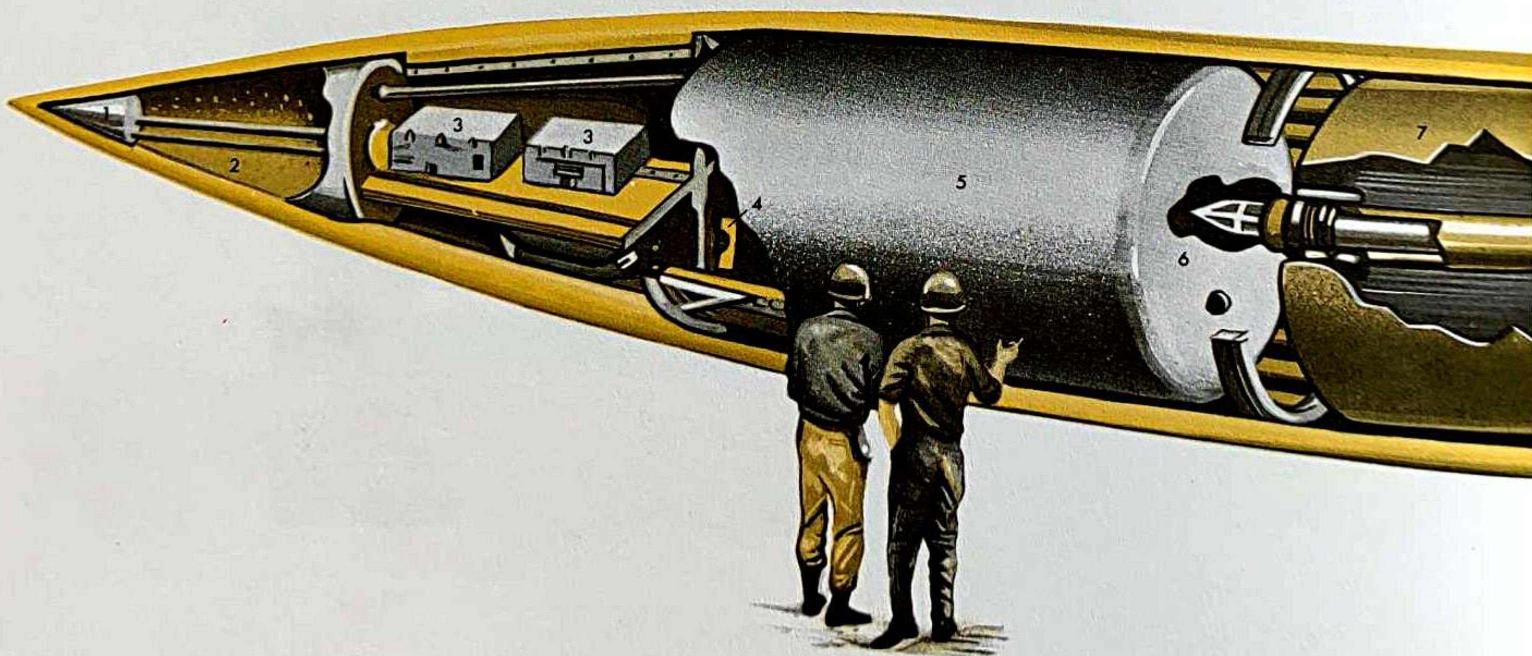
Korisno je zapamtiti: pri *deflagraciji* tvar izgara brzinom od 50 do 500 m u sek., a pri *eksploziji* brzinom od 2000 i 10 000 m u sek. Za izbacivanje raketa upotrebljava se barut koji izgara sporije od 50 m u sekundi.

Barut izgara u slojevima koji su usporedni s površinom izgaranja. Potisak što ga stvaraju barutni plinovi razmjeran je količini razvijenih plinova. Brzina razvijanja plinova razmjerna je brzini izgaranja i površini baruta koji gori. Kako je u raketama važno da potisak bude stalan, nužno je potrebno da površina izgaranja bude neprekidno jednaka.

Kad gori barutni valjak, površina se smanjuje, a potisak pada. Kad gori šupalj valjkasti blok samo s unutrašnje strane, površina izgaranja se povećava, a potisak raste. Kad šupalj barutni valjak gori istodobno s vanjske i s unutrašnje strane, unutrašnja se površina povećava, a vanjska smanjuje i potisak ostaje stalan. Međutim, takav se način izgaranja ne može upotrijebiti u raketi, jer bi vanjska usijana ploha barutnog valjka užarila i oštetila zidove rakete. Zbog toga se u raketama upotrebljavaju šuplji barutni valjci koji su sprijeda, straga i izvana obloženi negorivom tvari, a unutrašnja šupljina ima rebra kojima je presjek zvijezda. Zvjezdasti oblik je tako proračunat da se pri izgaranju baruta površina zvijezde onoliko smanjuje koliko se povećava površina unutrašnjeg užarenog baruta. Površina izgaranja tako ostaje jednaka, stalna je količina proizvedenih plinova pa je jednoličan i potisak. U veoma velikim raketama, gdje treba ugrađivati barutne valjke teške i do 200 tona, barut se lijeva u obruče razdvojene šupljinama. I u takvim blokovima površina je barutnog obruča pri izgaranju neprekidno jednaka, a potisak stalan.

Rakete s tekućim gorivom. U člancima i knjigama o tehnici raketnih goriva često se nalaze neki stručni izrazi koje je potrebno protumačiti. Najčešće se susreće naziv *propergol*. Tim se imenom naziva potisno (porivno, propulzivno) gorivo ili skupina goriva, koja se upotrebljava u kemijskoj reakciji za stvaranje potiska u raketi. Svaki je propergol sastavljen od *goriva*, u užem smislu riječi, i od *oksidatora*, koji podržava gorenje.

U nekim malim raketnim motorima, s relativno slabim potiskom (npr. na kapsulama Mercury za promjenu smjera ili na sondama Ranger i Mariner za ispravljanje putanje) upotrebljava se samo jedna tekućina, jedno tekuće gorivo, koje pri rastvaranju daje energiju za potisak rakete. Takvo se gorivo zove *monergol*. Monergoli su npr. vodik-superoksid i hidrazin (koji je sastavljen od dušika i vodika, N_2H_4), a rastvaraju se na kataliza-



U zoru 13. VI 1944. uzbunjena je Vel. Britanija jer je bio najavljen napad njemačkog tajnog oružja, o kojemu se govorilo nekoliko mjeseci. Doletjeli su projektili »V-1«, s oznakom »V«, prema početnom slovu riječi Vergeltungswaffe (osvetničko oružje). Uskoro su ih zamijenili savršeniji projektili »V-2«, koji su nosili 1 t eksploziva do daljine od 300 km. Njihovi su motori djelovali 1 minutu. Za to vrijeme dostizali su dovoljnu brzinu i visinu, te su dalje mogli letjeti običnim planiranjem. Zbog toga su »V-2« bili spori i mogli su se obarati protuavionskom artiljerijom i lovcima. Na London je izbačeno 8070 projektila, od toga su 1878 oborili topovi, a 1847 lovci. Nekoliko ih nije stiglo do cilja. Na London je palo 2500 projektila, koji su nanijeli velike štete gradu i dosta gubitaka stanovnicima; 1. upaljač, 2. eksploziv, 3. radio-telemetrijski uređaj, 4. žiroskop držač smjera, 5. spremnik alkohola, 6. automatski ventil za alkohol, 7. spremnik tekućeg kisika, 8. dvostruki cjevovod, 9. spremnik vodika, 10. turbina, 11. sisaljke, 12. spremnik permanganata, 13. razdjelnik kisika, 14. razdjelnik alkohola, 15. gorište, 16. četiri unutrašnja grafitna krmila, 17. uspravni i vodoravni stabilizatori, 18. četiri vanjska krmila, 19. sapnica

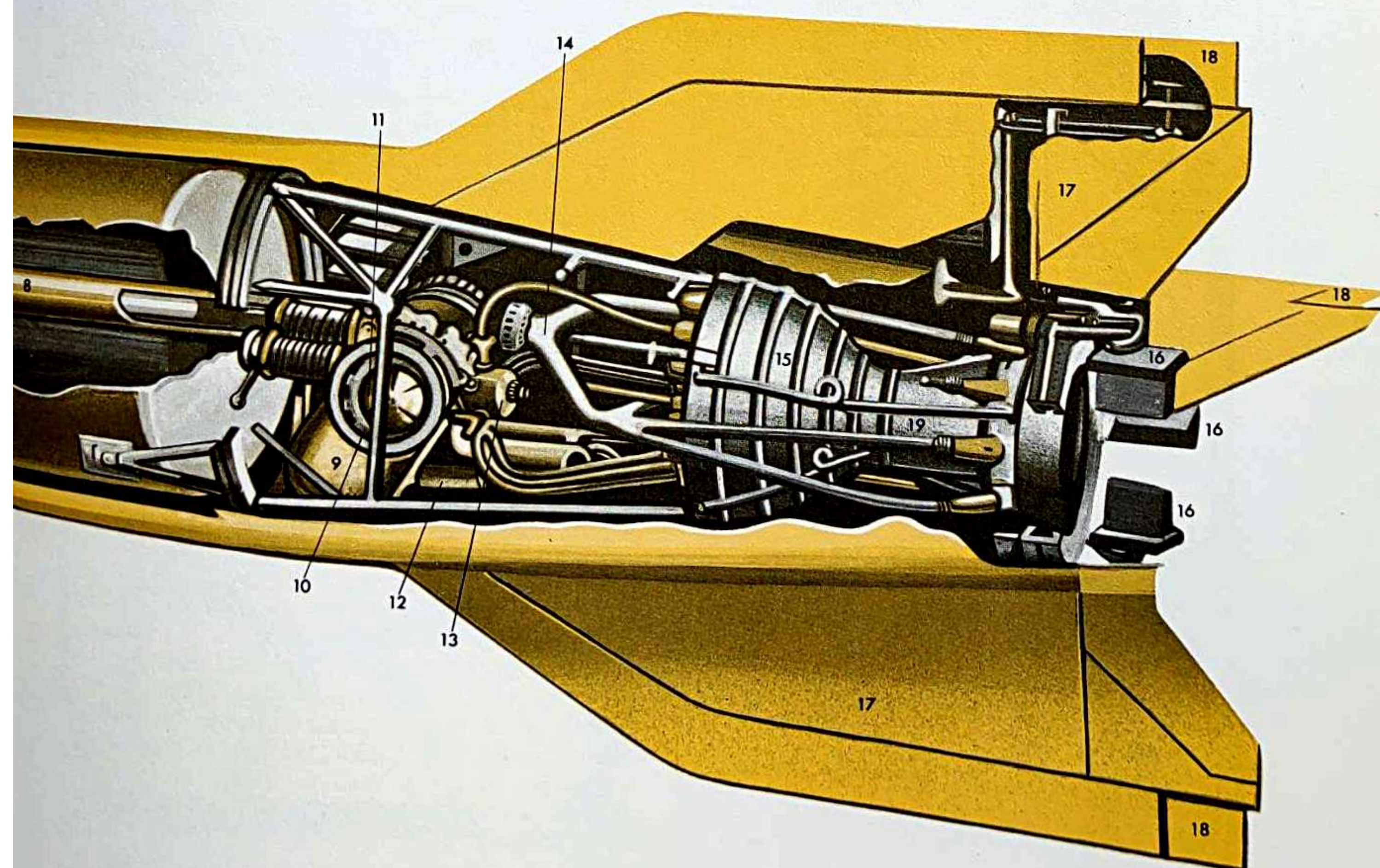
toru od spužvaste platine ili posrebrenog nikla (za vodik-superoksid), odnosno od aluminijum-oksida (za hidrazin).

Gotovo sve glavne pogonske motore velikih raketa tjeraju propergoli s dvije tekućine: gorivom i oksidatorom. Zbog toga se takvi propergoli nazivaju *diergoli*. Gorivo je smješteno u jednom, a oksidator u drugom spremniku, i spajaju se tek u gorištu, gdje treba da bude uređaj za paljenje koji ih upali. Ako su goriva *hipergoli*, tj. tvari koje se same upale kad se međusobno dodirnu, uređaj za paljenje nije potreban.

Među prve propergole ubraja se kombinacija etil-alkohola i tekućeg kisika. Nju su upotrijebili Nijemci u raketi *V-2*, a poslije Amerikanci u raketi *Redstone* (Redstoun); sada se takav propergol više ne upotrebljava. Moderne velike rakete tjeraju propergoli sastavljeni od benzina i tekućeg kisika, ili od drugih goriva za mlazne avione i tekućeg kisika. Kako vodik daje znatno veći specifični potisak, u najnovije doba sve se više usavršavaju raketni motori s propergolom koji je sastavljen od tekućeg vodika i tekućeg kisika, a upotrebljava se u gornjim stupnjevima raketa *Atlas-Centaur* i *Saturn*.

Ima i drugih propergola u kojima se, umjesto tekućeg kisika, kao oksidator upotrebljava fluor ili njegovi spojevi. Oni daju veći specifični potisak nego tekući kisik, ali su veoma opasni pri rukovanju i otrovni. Ipak se proučavaju i iskušavaju rakete s propergolom od vodika i fluora.

Prema fizičkim osobinama propergoli se dijele u dvije vrste: u plinovite, koje je teško uskladištiti, i u tekuće, koji se lako pohranjuju. Vodik i kisik su plinovi nepogodni za punjenje spremnika u raketama. Stoga se oni moraju hlađenjem pretvoriti u tekućine, a rezervoari se moraju dobro izolirati i dopunjavati do posljednjeg trenutka prije izbacivanja rakete u svemir, jer pare prolaze i kroz brtve. Od tekućih goriva koja se lako uskladištuju najčešće se upotrebljavaju derivati hidrazina, i to *MMH* (monometil-hidrazin) i *UDMH* (Unsymetrical dimethylhydrazine = nesimetrični dimetil-hidrazin). Od oksidatora pogodni su za uskladištenje dušični dioksid i dušična kiselina, koja se upotrebljava u sastavu *IRFNA* (Inhibited Red Fuming Nitric Acid = vezana crvena dimljiva dušična kiselina), koja stvara sloj otporan protiv nagrizanja (korozije) stijena u raketnim spremnicima. Taj se oksidator s gorivom *UDMH* upotrebljava u većini raketa, a najviše u stepenu *Agena*, kojim je izbačeno veoma mnogo satelita i svemirskih sonda. Propergol *UDMH + IRFNA* veoma je pogodan jer je hipergoličan, tj. sam se zapali kad gorivo *UDMH* dodirne oksidator *IRFNA*, pa u raketi nije potreban uređaj za paljenje.

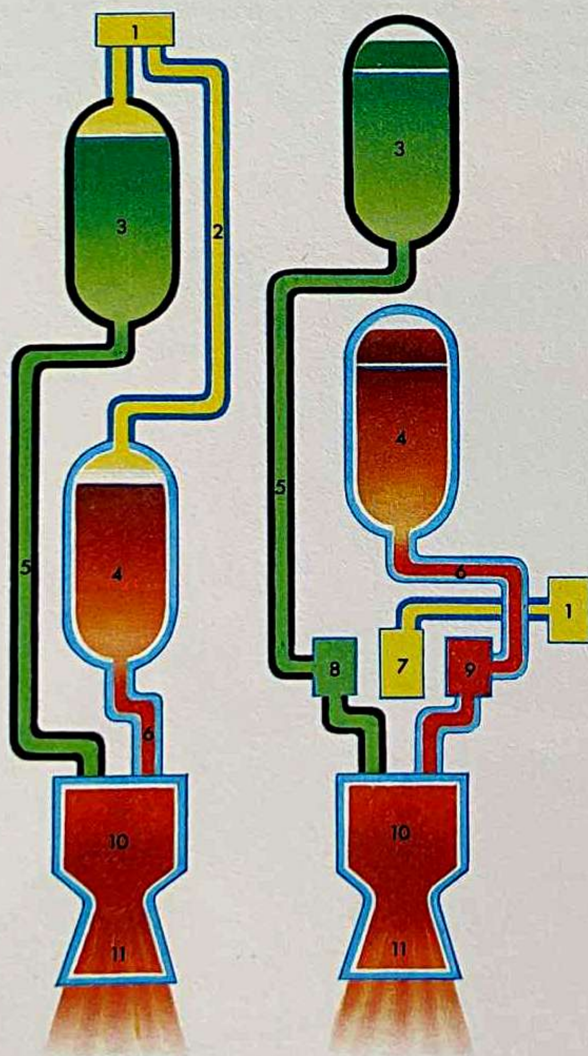


Specifični impuls. Svojstva neke rakete mogu se označiti specifičnim utroškom goriva, koji se dobiva iz odnosa između utroška propergola u jedinici vremena i potiska. To je količina propergola u kg, potrebna da bi se dobio potisak od 1 kp u sek. Međutim, stručnjaci uzimaju obratan omjer, tj. odnos između potiska (u kp) i utroška propergola (u kg sek.) pa kako se kilopondi (kilogrami) dijele s kilogramima, međusobno se poništavaju i preostaju sekunde. Specifični impuls je, dakle, vrijeme u sekundama koje protekne dok masa od 1 kg propergola stvori potisak od 1 kp.

Modernim tekućim propergolima dostiže se specifični impuls do oko 300 sek. na zemlji, ili 350 sek. na visini od 35 km iznad morske razine, a čvrstim gorivima dostiže se najviše 245 sek.

Uređaji za dovod tekućeg goriva. S koliko su se teškoća borili konstruktori dok su izradili dovoljno snažne uređaje za dovod tekućeg goriva u raketno gorište, najbolje pokazuje nekoliko brojeva. Rakete *Atlas*, koje su izbacile u svemir prve američke astronaute prema programu *Mercury*, razvijaju potisak od 180 tona, imaju specifični impuls od 275 sek. i troše 660 kg propergola (tekućeg kisika i kerozina) u sekundi. Prvi stupanj rakete *Saturn I*, koja je izbacila satelit *Pegasus*, razvijao je potisak od 660 tona i trošio 2300 kg propergola u sekundi. Ali sve je to ipak malo prema prvom stupnju rakete *Saturn V*, koja je izrađena prema programu *Apollo*, jer ona razvija potisak od 3400 tona i troši 14 000 kg propergola u sekundi! Pet raketnih motora u prvom stupnju Saturna V potroši, za vrijeme od jedne minute djelovanja, oko 900 000 kg propergola. Doista nije lako izraditi sisaljke koje za jednu minutu mogu napojiti gorišta sa 90 vagona propergola.

Razlikuju se dvije vrste uređaja za dovod tekućeg goriva u raketno gorište. U jednoj vrsti tekućine se potiskuju iz spremnika tlačnim plinom što ga daje generator plina. Taj se generator tjera tekućim gorivom ili barutom. Nedostatak je te vrste što spremnici moraju biti jaki da izdrže tlak pa su zbog toga debeli i teški. U drugoj vrsti uređaja tekućine se tjeraju turbinskim sisaljkama, a turbine tjera stlačeni plin iz plinskih generatora na tekuće gorivo. Takve su gotovo sve američke velike rakete.



Uređaj za dovod goriva u raketi; lijevo s tlačnim plinom; desno sa sisaljkama: 1. generator tlačnog plina, 2. plinovod, 3. spremnik oksidatora, 4. spremnik goriva, 5. cjevovod oksidatora, 6. cjevovod goriva, 7. plinska turbina za pogon sisaljki, 8. sisaljka za oksidator, 9. sisaljka za potiskivanje goriva, 10. gorište, 11. sapnica

Rakete s nuklearnim pogonom. U nastojanjima da se dostignu što bolja svojstva raketnog pogona, tj. da se poveća brzina kojom se izbacuju čestice iz mlaznica i tako dobije što veća specifična energija, pomišlja se i na nuklearni pogon, koji ima nekoliko prednosti. Prva je prednost da je princip jednostavan: neki se plin propušta oko nuklearne peći gdje se grije do veoma visoke temperature, tu se naglo širi i izbacuje kroz mlaznicu vrlo velikom brzinom. Druga je prednost da se potisni plin može birati po volji, jer u ovoj vrsti pogona potisna tvar ne ovisi od izvora energije (nuklearne reakcije).

Pri sadašnjim pokusima upotrebljava se vodik, a čestice će se možda uskoro izbacivati brzinom od 8 km u sek. (U kemijskim raketama teško da bi se kod mlaznice mogla dostići brzina od 4 km u sek.) Međutim, nuklearni raketni motor ima i nekoliko nedostataka. Najveći je nedostatak opasnost od opasnih zračenja, pa se zbog toga zacijelo neće nikad moći iskoristiti u prvom stupnju rakete. Druga je mana velika masa, jer je nuklearni motor težak. (Mnogo teže reaktor i potrebni zaštitni oklopi.) Treći je nedostatak mala gustoća vodika, zbog toga spremnici moraju biti veliki, iako se vodik drži u tekućem stanju i rasplinjuje se tek pri ulasku u reaktor. Teške su i turbo-sisaljke koje moraju velikom snagom tjerati vodik u reaktor.

Sve su to razlozi da se reaktor, zasad, nakon utroška propergola napušta u svemiru.

Kad na raketi i nema kapsule s ljudskom posadom, treba u mnogim njezinim dijelovima zaštititi električne sitne instalacije, osobito tranzistore i diode te upravljačke, telekomunikacijske i mjerne uređaje protiv različitih zračenja: od neutrona koji izbjegnu iz reaktora, od gama-zraka iz proizvoda radioaktivne fisije i od sekundarnih gama-zraka što zrače iz zaštitnog oklopa koji štiti uređaje od primarnih zraka, a svi ti zaštitni uređaji zahtijevaju da im se žrtvuje mnogo mase, iako se u zaštitnu svrhu upotrebljavaju i veliki spremnici tekućeg vodika.

Nuklearne motore za rakete najviše istražuju i usavršavaju u SAD: Komisija za atomsku energiju i NASA. One su dosad izradile pokusni reaktor nazvan *Nerva*, koji je na pokusima dobro radio.

U SAD se proučavao i projekt *Orion*, koji je za tjeranje raketa predviđao atomske bombice. One bi se uzastopno palile iza rakete i svojim bi eksplozijama davale veoma veliko ubrzanje. Proučena je bila i posebna zaštita raketa. Međutim, pošto su međunarodnim ugovorima zabranjene nuklearne eksplozije u svemiru, projekt Orion je napušten.

Najviše briga pri gradnji nuklearnih motora zadaju vrlo visoke temperature u sastavnim dijelovima reaktora. U reaktoru Nervi, s oblozima od grafita, dostignut je maksimum temperature od 2500° i specifični potisak od 850 sek. Veće bi temperature mogli podnijeti dijelovi od tantala i, osobito, od cirkonija jer on malo apsorbira neutrone. Ipak nema nade da će se uskoro izraditi reaktori za temperature veće od 3000° i specifični potisak od 1000 sek.

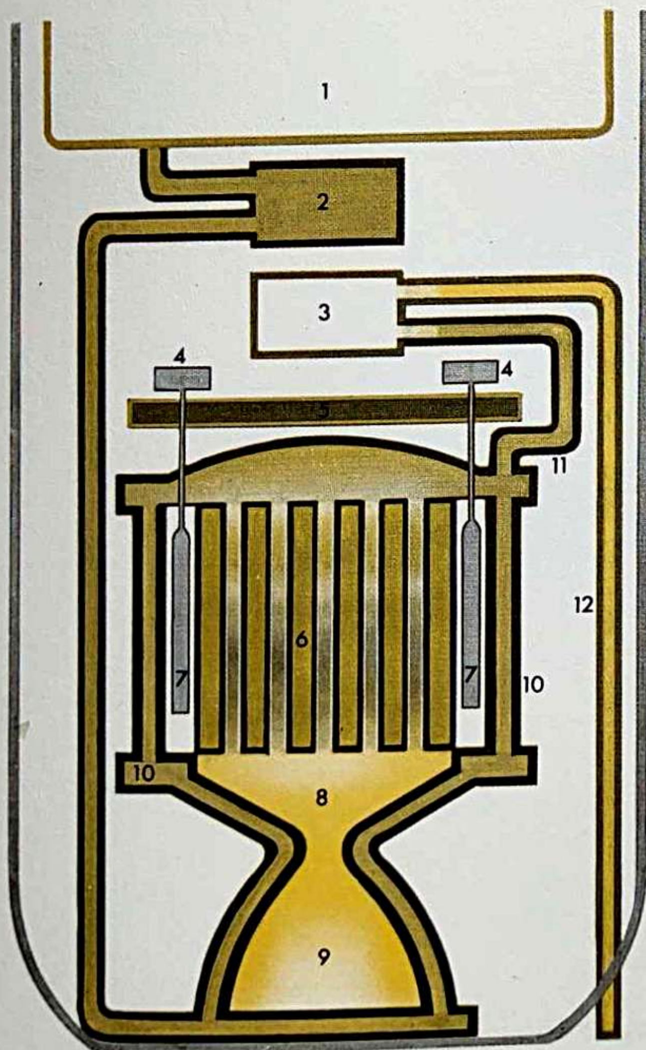
Rakete s električnim pogonom se proučavaju zbog toga jer se čestice plina mogu izbacivati iz mlaznice električki najvećom brzinom; može se dostići specifični impuls i do 25 000 sek., uz malen potrošak plina. Međutim, kako pri tom treba toplotnu energiju pretvarati u električnu, a ta pretvorba do sada još nije usavršena, raketa mora nositi u sebi pretvorbene uređaje koji su toliko teški da je odnos između potiska i ukupne mase cijele rakete veoma malen. Takvom se raketom još ne može izbacivati nikakva korisna masa sa zemaljske površine. Za izbacivanje umjetnih satelita i sonda sa Zemlje zasad se mogu upotrijebiti samo kemijske rakete.

Razlikuju se tri glavne vrste električnih pogonskih raketnih motora: elektrotermički, ionski i elektromagnetski. Prve su dvije vrste dosad već iskušane u Americi i u Evropi.

Elektrotermički pogon je zapravo prelazni tip između termičkog i električkog pogona. Neki laki plin, npr. vodik, tjera se kroz spiralu ili rešetku od volframa koja je električki ugrijana na temperaturu od oko 3000°. Tu se vodik grije jače nego u kemijskom gorištu, pa se izbacuje znatno većom brzinom iz mlaznice. Takav *otporno-mlazni* (*resist-jet*, č. rezist-đet) *motor* daje specifični potisak od 1000 sek.

Plin se može grijati i električnim lukom. Takav *lučno-mlazni motor* (*arc-jet*, č. ark-đet) daje specifični impuls od 2000 do 2500 sek., ali se ipak još ne može upotrijebiti na raketama jer treba riješiti opskrbu električnom energijom u svemiru, te smanjiti trošenje elektroda i nagrizanje sapnica zbog visoke temperature.

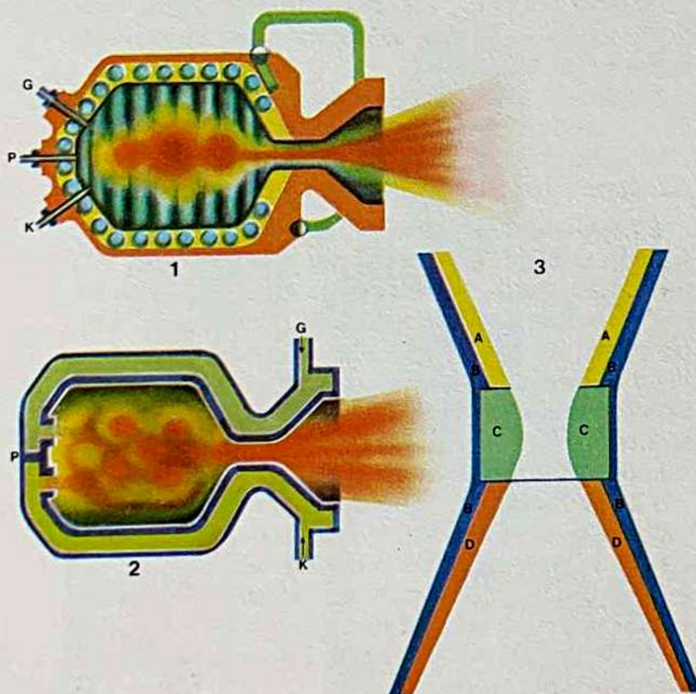
Ionski pogon je pravi električni pogonski uređaj, gdje se propergol ne ubrzava grijanjem i širenjem, nego neposredno elektrostatičkim ili elektromagnetskim poljem. Takva polja mogu ubrzavati samo čestice s električnim nabojem. Specifični impuls, koji se i ovdje definira kao odnos između potiska i mase propergola utrošena u jedinici vremena,



Shema nuklearnog pogona rakete: 1. spremnik tekućeg kisika, 2. sisaljka, 3. turbina za pogon sisaljke, 4. motori za pomicanje kontrolnih šipki, 5. zaštitni oklop, 6. nuklearni reaktor, 7. kontrolne šipke, 8. vrući plinovi, 9. mlaznica, 10. nepropusni kotao, 11. vod vrućih plinova za pogon plinske turbine, 12. ispuh plinova iz turbine

ne ovisi od temperature ni od molekularne mase plina, nego samo od brzine izbacivanja električki nabijenih čestica. Električkim ubrzavanjem može brzina takvih čestica toliko porasti da specifični impuls dostigne i više desetaka tisuća sek.

Ionski motor je sastavljen od tri glavna dijela: generatora iona, elektrostatskog ubrzavača i neutralizatora. Ioni se u generatoru dobivaju kontaktom elemenata od metala sa slabim ionizacijskim potencijalom (npr. od cezija) i nekog drugog metala (npr. volframa) pri visokoj temperaturi, ili bombardiranjem metalne pare (npr. žive) snopom elektrona. U ubrzavaču elektrostatsko polje od nekoliko tisuća volta, u vezi s rešetkom negativnog naboja, potencijala, ubrzava pozitivne ione koji prolaze kroz rešetku golemom brzinom. Kako snop izbačenih iona ima pozitivan naboj, sapnica dobiva negativan naboj. Ona privlači ione, smanjuje im brzinu i konačno poništava potisak. Da se to spriječi umetnut je neutralizator koji u snop izbačenih iona pozitivnog naboja ubacuje snop negativnih elektrona jednakog intenziteta i tako poništava štetno djelovanje sapnice. Ubrzani pozitivni ioni izlijeću iz sapnice golemom brzinom i stvaraju veoma jak potisak.



Gorišta i sapnice (iz patentnog pisma Eugena Sängera, 1935): 1. hlađenje spiralnom cijevi, 2. hlađenje kroz dvostruko okućje: K. brizgala kisika, G. brizgala goriva, P. upaljač, 3. presjek sapnice: A. azbest, B. omotač od staklenih vlakanaca u sintetičnoj smoli, C. dijafragma od grafita, D. plastični čunj sa silicijskim nitima

Ionski motori najviše se proučavaju u SAD. Već je izvršeno i nekoliko pokusa u visokim slojevima atmosfere i na nekim satelitima prema programu *SERT* (Space Electric Rocket Test, č. Speis Ilektrik Rokit Test = svemirski električni raketni pokus). U gotovo zrakopraznom prostoru motor dobro radi, iako se na zemlji u gustoj atmosferi sumnjalo u njegovu djelotvornost. U ovaj se motor ulaže najviše istraživačkog truda, i sada se proučavaju vrste s težim česticama organske i koloidalne prirode koje bi, uz istu brzinu izbacivanja, dale bolji odnos između kinetičke energije i energije potrebne za ionizaciju, a motor bi imao veći stupanj djelovanja.

Elektromagnetski pogon osniva se na principima magnetohidrodinamike (MHD). Magnetohidrodinamički elektromotori upotrebljavaju *plazmu* (posve ioniziranu mješavinu plinova, pri visokoj temperaturi, koja sadržava velik i jednak broj pozitivnih i negativnih elektrona). Zbog toga je plazma električni neutralna. Ona je dobar vodič elektriciteta jer sadržava čestice s električnim nabojem. Kroz nju se propušta električna struja, a jedno magnetsko polje pod kutom od 90° ubrzava i usmjeruje sve čestice plazme, bez obzira na predznak njihova naboja, kroz mlaznicu i tako se dobiva veoma jak potisak. Računa se da bi se mogao dobiti specifični impuls od 25 000 sek.

MHD motori tek su u početnom stanju razvoja. Nisu dovoljno iskušani, a ni fizička svojstva plazme nisu još posve proučena. Nedostatak je svih električnih raketnih motora što je za njihov pogon potrebna velika količina električne energije, a nju je vrlo teško proizvoditi u raketama u svemiru. Električni generatori su teški i mogu ih nositi samo najveće rakete. Električne raketne motore treba ipak proučavati, jer su kemijski raketni motori gotovo već dostigli krajnju granicu djelotvornosti i neće ih se moći mnogo usavršavati.

Mlaznica kroz koju velikom brzinom istječu užareni plinovi ima oblik dvostrukog lijevka. Od gorišta prema vanjskom kraju stijene se suzuju do grla, a odatle se opet šire. Pri izgaranju propergola u gorištu se razvijaju visoke temperature i visok tlak. Užareni plinovi jure kroz mlaznicu i kod grla dostižu brzinu zvuka. Mlaznica se iza grla širi pod najpovoljnijim kutom kako bi se plinovi što brže i potpunije širili, a tlak što znatnije pao. Brzina istjecanja plinova iz mlaznice zavisi od razlike između unutrašnjeg tlaka u gorištu i vanjskog tlaka iza mlaznice. Što je veća razlika tlakova (viša temperatura u gorištu, plinovi lakši i vanjski tlak manji) to je veća i brzina istjecanja plinova, a što je brzina veća to je tlak manji. U zrakopraznom prostoru razlika je tlakova veća, plinovi se brže šire i raketni motor daje veći potisak u svemiru nego pri zemlji.

Temperatura izgaranja najveća je oko grla mlaznice i premašuje 3000°. Zbog toga treba gorište i mlaznicu hladiti ili je zaštititi na neki drugi način. Nekad su se stijene izrađivale od otpornog čelika, a toplina se odvodila protutoplotnom oblogom od spužvaste tvari. Nijemci i Amerikanci hladili su 1937. stijene tekućim gorivom, koje je

teklo kroz spiralne cijevi omotane oko mlaznice i gorišta. Poslije se uz stijene s unutrašnje strane ubrizgavalo nezapaljeno gorivo i tako stvarao nešto hladniji zaštitni sloj. Na velikim raketama sada se tlači hladno gorivo kroz dvostruke stijene, od izlaznog kraja mlaznice prema dnu gorišta i tek tu se ubrizgava u gorište. Moderne mlaznice izrađuju se od titana, a grlo je obloženo grafitom i posebnom smjesom. Poneke su i od plastičnih masa s azbestnim, silicijskim i staklenim nitima ili obložene keramikom.

Na nekim raketama za dulje letove, koje treba upravljati mlaznicama, obično se namještaju 4 mlaznice, a svaka se od njih može okretati oko svoje osi. Mlaznice se zakreću bežično sa Zemlje, pa se i tako može upravljati raketom u svemiru.

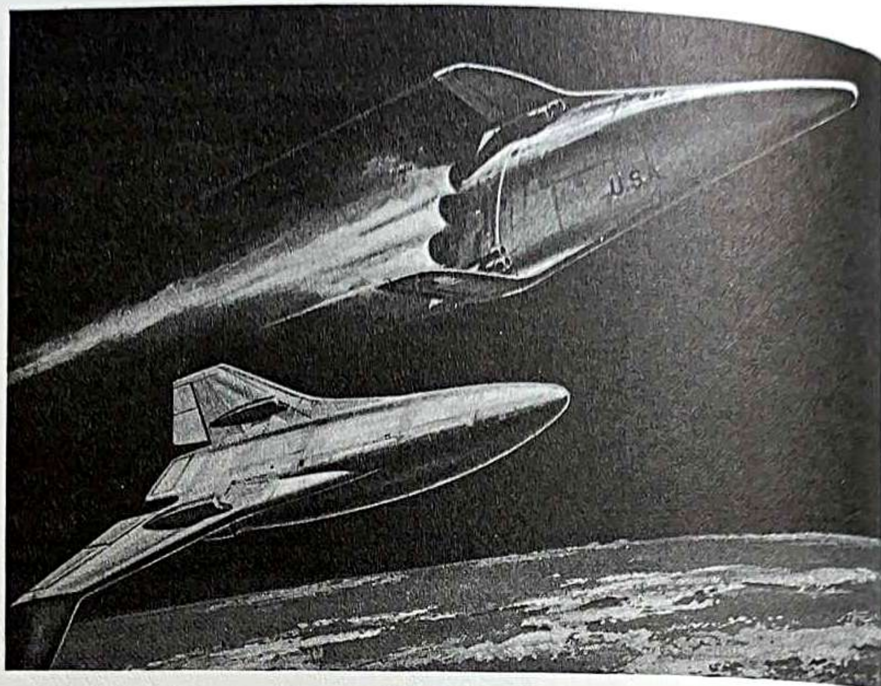


Lijevo. Elektrotermički otporno-mlazni motor: 1. generator plina, 2. plinski cjevovod, 3. plinska turbina, 4. generator električne struje, 5. spremnik goriva, 6. plinska turbina za pogon napojne sisaljke, 7. napojna sisaljka za dovod goriva, 8. cjevovodi za gorivo. 9. glava gorišta (s pozitivnim električnim nabojem), 10. rešetka od šupljikasta volframa, 11. gorište, 12. sapnica (s negativnim električnim nabojem)

Sredina. Elektrotermički lučno-mlazni motor: 1. generator plina, 2. plinski cjevovod, 3. plinska turbina za pogon električnog generatora, 4. generator električne energije, 5. spremnik goriva, 6. plinska turbina za pogon napojne sisaljke, 7. napojna sisaljka za gorivo, 8. cjevovod za gorivo, 9. glava katode, 10. katoda (pozitivno nabijen vrh električne lučnice), 11. anoda (negativno nabijena sapnica)

Desno. Ionski raketni motor: 1. generator plina, 2. plinovodi, 3. plinska turbina za pogon generatora električne energije, 4. električni generator, 5. spremnik goriva, 6. plinska turbina za pogon napojne sisaljke, 7. napojna sisaljka za gorivo, 8. cjevovod goriva, 9. grijalica goriva, 10. rešetka za ionizaciju, 11. ubrzavalačke elektrode, 12. izbacivalo elektrona (elektronski top), 13. elektronska sapnica

Sve rakete za lansiranje svemirskih brodova izgore u atmosferi nakon obavljenog zadatka, a svaka svemirska letjelica može se upotrijebiti samo jedanput. Budući da su troškovi pretjerano veliki, NASA je sklopila ugovore s nekoliko tvornica za izradbu planova novih dvodjelnih letjelica, koje bi tjerane raketnim motorima, uzlijetale vertikalno, vraćale se nakon obavljenog zadatka i slijetale na aerodrome planiranjem. Možda će se već 1976, umjesto sadašnjih raketa (osim malog »Scouta« i velikog »Saturna V«) upotrebljavati kozmoplani. Oni će se lansirati uvijek spojeni u parovima. Kozmoplan 1. stupnja (buster), velik kao »Boeing 747«, nosit će na hrptu kozmoplan 2. stupnja (trajekt). Buster će letjeti brzinom od 11 200 km/sat, do putanje visoke 60 km, odbacit će trajekt i vratit će se na aerodrom. Kozmoplan-trajekt nastavit će put do putanje visoke 185 do 1480 km, ostat će u svemiru do 7 dana i vratit će se na uzletište. Očekuje se da će troškovi za 50 letova godišnje, istim kozmoplanom, stajati manje nego jedan jedini let velike rakete »Saturn V«



SCOUT (21,6 m)

4. Altair 1,4 t
3. Antares 6,2 t
2. Castor 22,7 t
1. Algol 52,0 t

DELTA (26,8 m)

3. Altair 1,4 t
2. Able 3,4 t
1. Thor 77,0 t

THOR-AGENA D (25,1 m)

2. Agena 7,2 t
1a. Thor TAT 77,0 t
1b. TX-33 3 × 24 t

ATLAS-AGENA D (31,1 m)

2. Agena D 7,2 t
1. Atlas D 163,0 t

ATLAS-CENTAUR (32,0 m)

2. Centaur 2 × 6,8 t
1. Atlas D 163,0 t

TITAN II GEMINI (33,2 m)

2. LR-91 AJ 45 t
1. LR-87 AJ 194 t

VOSTOK (39,2 m)

1. Vostok 600 t

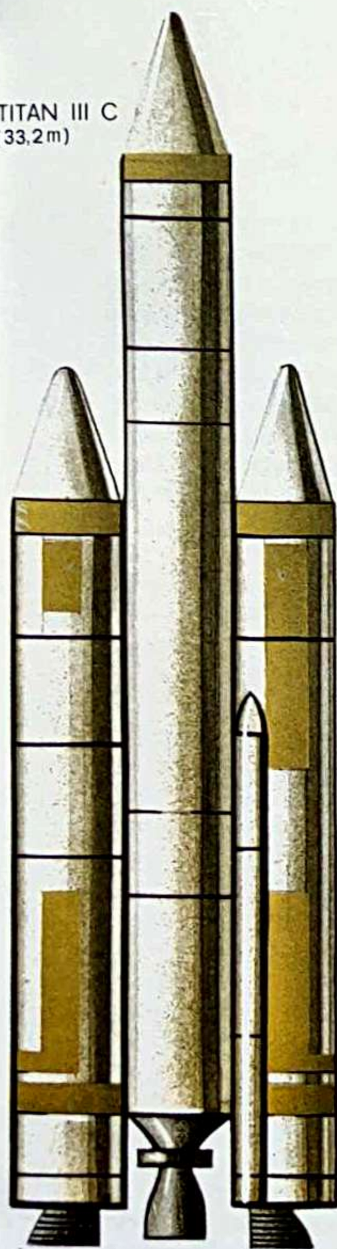
GLAVNE SVEMIRSKE RAKETE

Sovjetske svemirske rakete

Vostok, potisak	600 t
Voshod, potisak	650 t
Sojuz, potisak	1800 t

Američke svemirske rakete

Thor-Agena D, potisak	149 t
Atlas-Agena D, potisak	163 t
Titan III C, potisak	1102 t
Saturn IB, potisak	720 t
Saturn V, potisak	3400 t



3. Transtage 7,2 t
2. LR-91 AJ 45,0 t
1a. LR-87 AJ 194 t
1b. UTC 2 × 454 t



2. S-IV 6 × 6,8 t
1. S-I 8 × 85,0 t

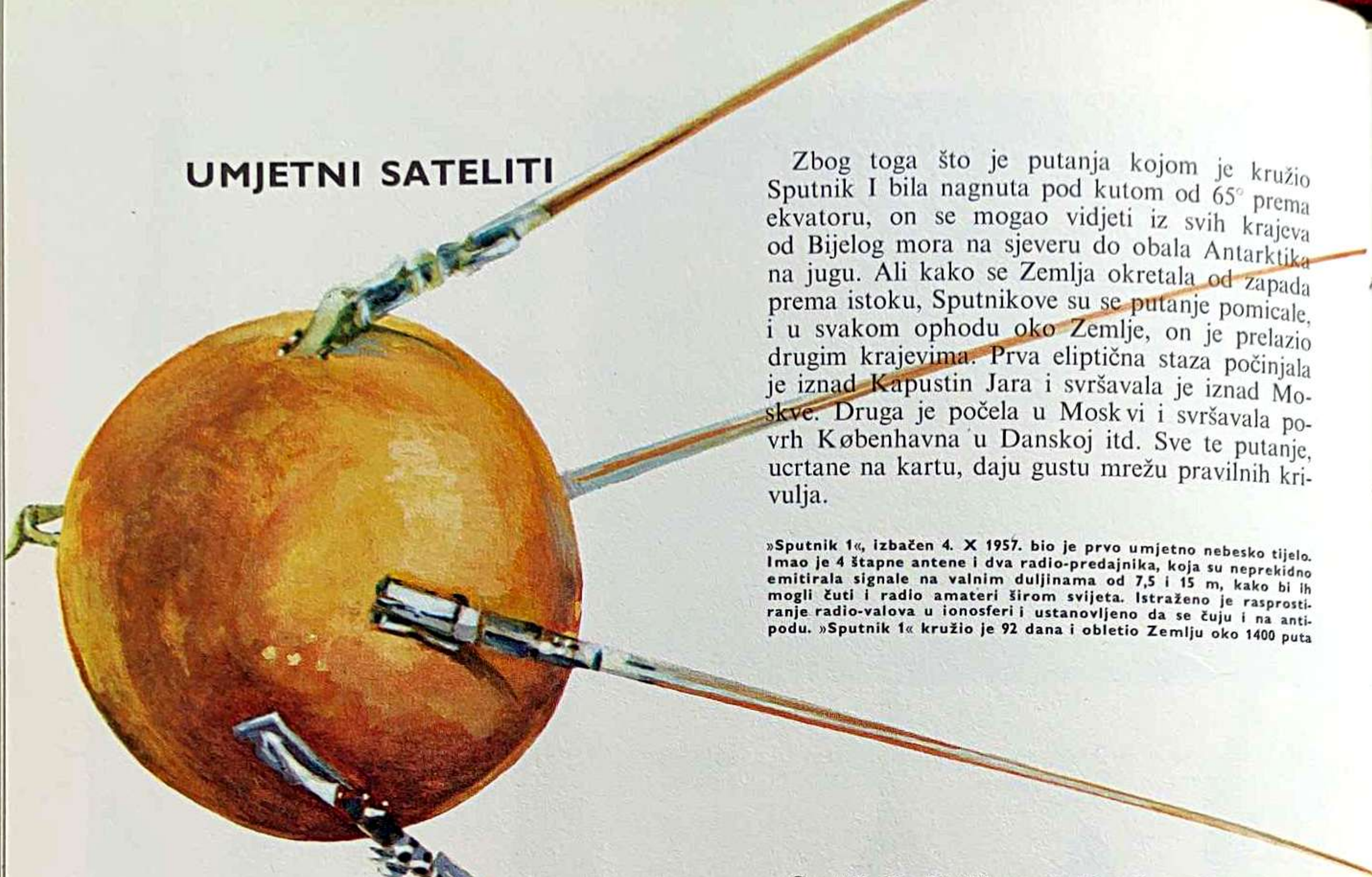


2. S-IV B 90,0 t
1. S-I 8 × 90,0 t



3. S-IV B 90,0 t
2. S-II 5 × 90,0 t
1. S-IB 5 × 680,0 t

UMJETNI SATELITI



»Sputnik 1«, izbačen 4. X 1957. bio je prvo umjetno nebesko tijelo. Imao je 4 štapne antene i dva radio-predajnika, koja su neprekidno emitirala signale na valnim duljinama od 7,5 i 15 m, kako bi ih mogli čuti i radio amateri širom svijeta. Istraženo je rasprostiranje radio-valova u ionosferi i ustanovljeno da se čuju i na antipodu. »Sputnik 1« kružio je 92 dana i obletio Zemlju oko 1400 puta

Prvi umjetni satelit. Iz Moskve se 4. X 1957. munjevitom brzinom proširila svijetom vijest da je izbačen u putanju (orbit) oko Zemlje *Sputnik I* (Sputnjik), prvi Zemljin umjetni satelit, kuglasta oblika, s promjerom od 58 cm, težak 83,6 kg koji obilazi Zemlju za 96 min. Na njemu su bila dva radio-predajnika koja su davala signale na valnoj dužini od 7,5 i 15 m. Satelit je kružio po eliptičnoj stazi. Točka eliptične staze najbliža Zemlji (perigej) nalazila se na visini od 234 km, a najdalja točka (apogej) u visini od 900 km. Izbačen je iz sovjetske raketne postaje, sjeverno od Kaspijskog jezera i oko 100 km istočno od Volgograda.

Čitav svijet je s radošću primio tu vijest jer je time počelo novo doba putovanja u svemir. Svi su govorili o Sputniku i pratili njegovo gibanje. Međutim, 7. X objavile su moskovske novine Pravda da i raketa trećeg stepena, koja je izbacila Sputnika, kruži oko Zemlje brzinom od 186 km u sek. I ona je postala Zemljin umjetni satelit, ali nijem, jer u njoj nije bilo nikakvih aparata za vezu. Kako je bila veća, mogla se sa Zemlje promatrati bolje nego Sputnik. Poslije dva dana Pravda je javila da oko Zemlje kruži i čunjasto okućje koje je pokrivalo satelit sve dok nije izbačen iz trećeg stepena rakete. Tako su egzoferom kružila oko Zemlje tri umjetna tijela, jedno za drugim, gotovo istom eliptičnom stazom.

Zbog toga što je putanja kojom je kružio Sputnik I bila nagnuta pod kutom od 65° prema ekvatoru, on se mogao vidjeti iz svih krajeva od Bijelog mora na sjeveru do obala Antarktika na jugu. Ali kako se Zemlja okretala od zapada prema istoku, Sputnikove su se putanje pomicale, i u svakom ophodu oko Zemlje, on je prelazio drugim krajevima. Prva eliptična staza počinjala je iznad Kapustin Jara i svršavala je iznad Moskve. Druga je počela u Moskvi i svršavala povrh Københavna u Danskoj itd. Sve te putanje, ucrtane na kartu, daju gustu mrežu pravilnih krivulja.

Sputnik II. Poslije nepunih mjesec dana izbačen je 3. XI u putanju oko Zemlje drugi umjetni satelit Sputnik II i u njemu živo biće, kujica *Lajka*. Na toj satelitskoj raketi treći stepen nije bio rastaljiv, pa je odbačen samo njezin čunjasti poklopac tek kad je raketa ušla u putanju. Satelit je težio 508 kg. Lajka je bila zatvorena u nepropusnoj kabini i umotana u poseban omotač u kojemu su bili ušiveni električni kontakti i instrumenti što su mjerili otpornost Lajkina tijela. Mjerilo se disanje, krvni tlak, bilo, rad srca i dr. U nepropusno zatvorenoj kugli ispred Lajke nalazio se radio-prijemnik, a posve na čelu rakete nalazio se mjerni aparat za istraživanje kratkovalnih zračenja iz Sunca, električni akumulator, mjerna sprava za Lajku, mjerač kozmičkih zraka i osobita vaga za kontrolu bestežinskog stanja. U Lajkinoj kabini nalazilo se spremište za hranu, automatski regulator temperature, spremnik za vodu, spremnik za zrak, uređaj koji je upijao ugljičnu kiselinu i vlagu, ventilator i dr. U stijeni kabine bilo je okno kroz koje je Lajka, kao prvi živi stvor u egzosferi mogla gledati ispod sebe Zemlju kao nebesko tijelo među zvijezdama.

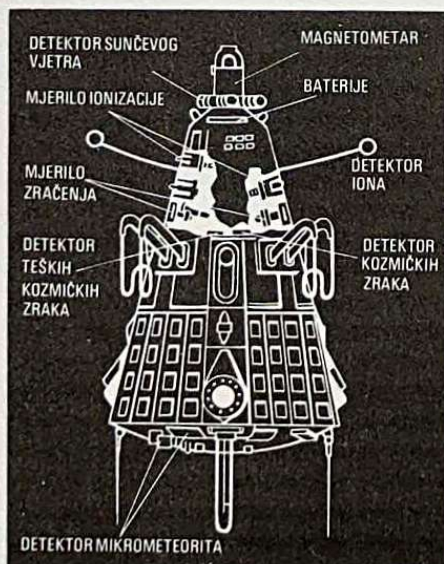
Lajka je pri uzletu morala izdržati velik napor, osobito zbog golema ubrzanja koje joj je povećalo težinu za 10 puta. Srce joj je tada kucalo tri puta brže, a i disanje se ubrzalo četiri puta. Trešnje i buka bili su jedva podnošljivi. Aparati ipak nisu zabilježili nikakve bolove u Lajkinu tijelu. Ona je poslije sedam dana uginula od vrućine zbog kvara na uređaju za hlađenje. Jedan Sputnikov let oko Zemlje trajao je 103,7 minute.

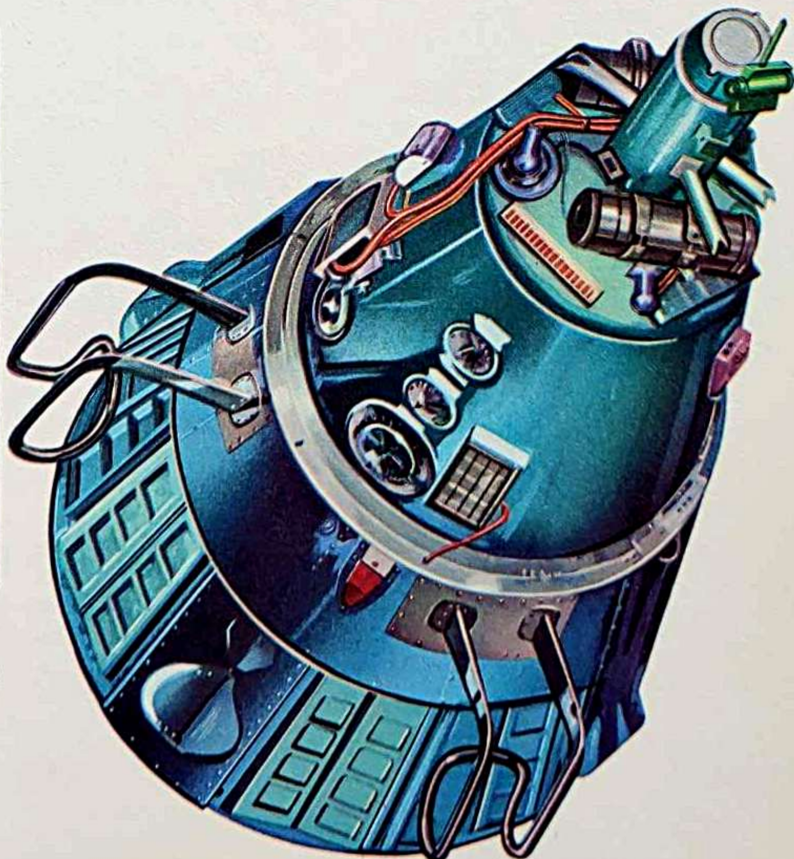
Satelit je obletio Zemlju 2370 puta i 14. IV 1958. pao u Atlantski ocean između Južne Amerike i Afrike. Možda nije ni dopro do mora, jer se u atmosferi iza njega vidjela 100 km duga brazda blistavih iskara; zacijelo je izgorio prije pada u ocean.

Vanguard. Gotovo godinu dana prije uzleta Sputnika I izbačena je 20. IX 1956. iz raketnog uzletišta Cape Canaveral trostepena raketa *Jupiter C*, koja je mogla izbaciti umjetni satelit u putanju oko Zemlje, ali nije bila namijenjena toj svrsi, pa je nosila samo mjerne instrumente. Raketa se uzdigla u visinu od 1100 km i dosegla daljinu od 5300 km. Bila je to vojna raketa velikog dometa, koja je mogla ponijeti koristan teret od 38 kg. *Werner von Braun* (Verner fon Braun), njemački stručnjak za rakete, i drugi tehničari predlagali su da se raketa iskoristi za izbacivanje satelita, ali Pentagon (ministarstvo obrane SAD) nije to odobrio. Kad je iz Moskve stigla vijest da je izbačen Sputnik I, ministar obrane je dobio oko 100 prijedloga za izbacivanje američkog umjetnog satelita, ali se vojnici iz Pentagona nisu htjeli baviti satelitima. Njima je bilo važnije usavršavanje vojnih raketa za bombardiranje dalekih ciljeva. Tek pošto je izbačen i Sputnik II, Pentagon je pod pritiskom javnog mišljenja popustio i odredio da se istraživački rad na raketama podijeli na vojni i znanstveni dio. Vojska je uvrstila u svoj plan i satelite, a mornarica je velikom žurbom htjela nadoknaditi izgubljeno vrijeme. Već 6. XII pripremljena je i ispaljena raketa *Vanguard* (Vengard), ali je na visini od 2,5 m pregorjelo u njoj gorište. Donji se dio najprije obavio plamenom, a zatim dimom. Raketa je pala natrag na postolje i slomila se. Mali satelit, težak samo 2 kg, ispao je iz vrha čeone rakete i sa Zemlje davao signale o neuspjelom pokusu, koji je dotad stajao oko 400 milijuna dinara.

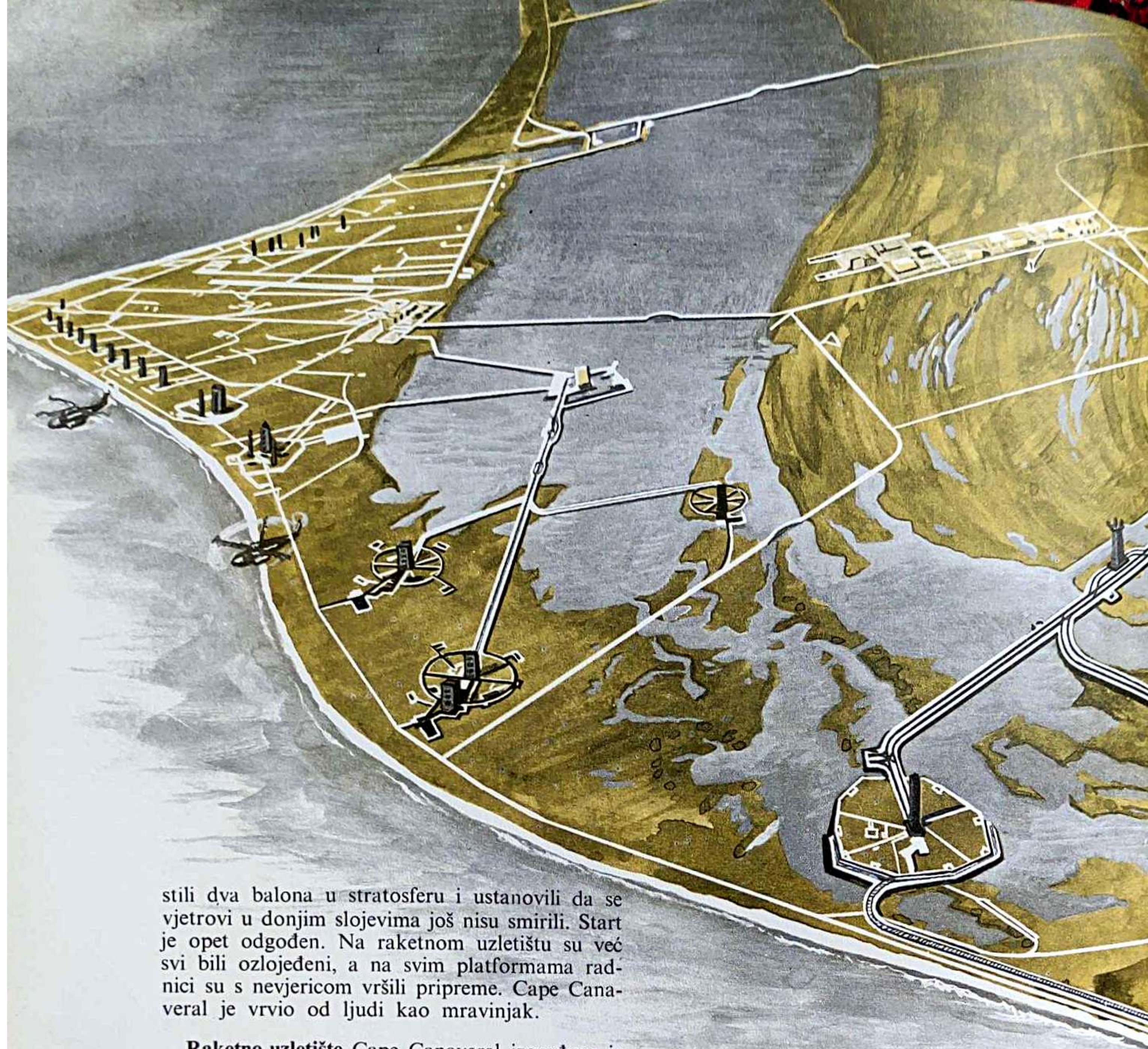
Mornarica je užurbano pripremala drugu raketu. Trebala je biti izbačena 22. I, ali se uzlet morao odgoditi na 24, pa na 25. I toga dana morale su se prekinuti pripreme 24 sek. prije uzleta. Napokon je raketa bila spremna za uzlet 26. I, ali i taj je pokus završen neuspjehom. Dva su čovjeka bila ranjena od praska. Nakon toga trebalo je izmijeniti čitav drugi stepen rakete.

Već nakon prvog neuspjeha mornarice s planom Vanguard, američka je vojska žurno pregradila raketu *Redstone* (Redston) i prenijela je avionom iz Huntesvillea (Hantsvila) u Cape Canaveral. Raketa je bila sastavljena od oko 50 000 dijelova, a mnoge je od njih trebalo još ponovno ispitati. Postavljena je na platformu blizu tornja gdje se popravljala druga raketa Vanguard. Sad su se obje pripremale usporedo i nastalo je takmičenje između vojske i mornarice. Prva je bila spremna za uzlet mornarička raketa Vanguard, ali kako se njezin uzlet morao nekoliko puta odgađati, određeno je da se cijela raketa rastavi i ponovno ispita, a prednost je dana raketi Jupiter C sa satelitom *Explorer*. Start je bio određen za 29. I. Međutim, toga su dana puhali na granici stratosfere odviše žestoki vjetrovi, pa je uzlet odgođen za idući dan. Pripreme su se počele vršiti rano ujutro. Već su bile postavljene cijevi za punjenje spremnika tekućim kisikom kad je iz centrale stigao nalog da se pripreme ponovno obustave. Meteorolozi su ispu-





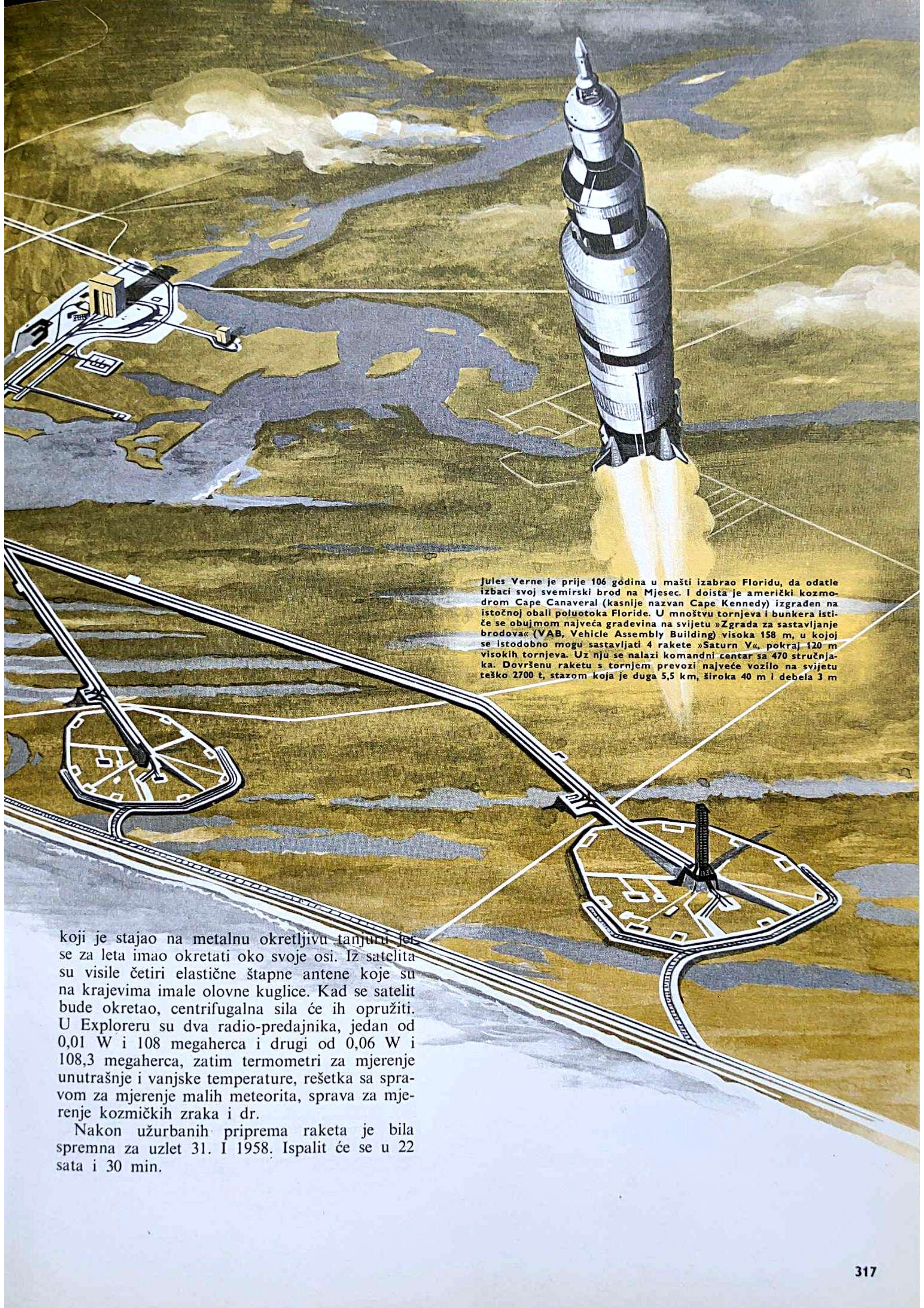
»Sputnik 3« izbačen u svemir 15. V 1958, bio je čunjasta oblika (dug 3,5 m, promjer dna 1,73 m, masa 1327 kg, od toga oprema 968 kg) kružio je pune dvije godine i obletio Zemlju oko deset tisuća puta



stili dva balona u stratosferu i ustanovili da se vjetrovi u donjim slojevima još nisu smirili. Start je opet odgođen. Na raketnom uzletištu su već svi bili ozlojeđeni, a na svim platformama radnici su s nevjericom vršili pripreme. Cape Canaveral je vrvio od ljudi kao mravinjak.

Raketno uzletište Cape Canaveral izgrađeno je na istočnoj obali poluotoka Floride u tropskoj divljini gdje rastu samo oštre trave, kržljavo drveće i patuljaste palme. Do 1958. na gradnju uzletišta za rakete bile su utrošene oko 3 milijarde dinara. Na prvi pogled čitav se kraj doimlje kao zemlja čudesne tehnike. Svagdje strše iz zemlje golemi čelični tornjevi, jedni se pomiču po tračnicama, a drugi se nagibaju. Uz njih su velike betonske platforme s čeličnim skelama, na kojima stoje vitke i lijepo obojene rakete, a pokraj svake je betonski bunker za startne posade. Oko njih se vide stupovi s antenama radio-stanica, radarske postaje s neobičnim polukuglastim čeličnim konstrukcijama, kule s instrumentima za mjerenje, okrugli tornjići s kino-teodolitima (sprava za snimanje i mjerenje). Tu su napola ukopane u zemlju prostrane zgrade tvornice kisika, kemijskih laboratorija, električnih centrala i transformatora, elektrotehničkih laboratorija, optičkih sprava i teleskopa. Nedaleko su golemi rezervoari za tekućine i goriva. Tu su goleme radionice za ispitivanje, sastavljanje i rastavljanje raketa, dobro izolirani laboratoriji za ispitivanje i iskušavanje satelita i mjernih sprava. Da se obiđu sva ta čuda moderne tehnike, trebalo bi izgubiti desetak dana. Čitavo uzletište ograđeno je sa dvije ograde od žičane mreže i dobro zaštićeno protiv radoznalih pogleda.

Explorer. Uz toranj je namještena matična raketa *Redstone*, i na nju su 24. I 1958. podignuta gornja tri raketna stepena. Za ovaj uzlet u matičnoj raketi povećani su spremnici za gorivo, a umjesto alkohola napunjeni su hydynonom (mješavinom od 60% dimetil-hidrazina i 40% dietil-tijamina), koji daje 15% veći poriv. Kao oksidator ostao je tekući kisik. Gornji su stepeni bili sastavljeni od rakete *Sergeant* (Serdžent) s krutim gorivom a u četvrti stepen rakete bio je umetnut satelit *Explorer* (Eksplorer = istraživač)



Jules Verne je prije 106 godina u mašti izabrao Floridu, da odatle izbaci svoj svemirski brod na Mjesec. I doista je američki kozmodrom Cape Canaveral (kasnije nazvan Cape Kennedy) izgrađen na istočnoj obali poluotoka Floride. U mnoštvu tornjeva i bunkera ističe se obujmom najveća građevina na svijetu »Zgrada za sastavljanje brodova« (VAB, Vehicle Assembly Building) visoka 158 m, u kojoj se istodobno mogu sastavljati 4 rakete »Saturn V«, pokraj 120 m visokih tornjeva. Uz nju se nalazi komandni centar sa 470 stručnjaka. Dovršenu raketu s tornjem prevozi najveće vozilo na svijetu teško 2700 t, stazom koja je duga 5,5 km, široka 40 m i debela 3 m

koji je stajao na metalnu okretljivu tanjuru jer se za leta imao okretati oko svoje osi. Iz satelita su visile četiri elastične štapne antene koje su na krajevima imale olovne kuglice. Kad se satelit bude okretao, centrifugalna sila će ih opružiti. U Exploreru su dva radio-predajnika, jedan od 0,01 W i 108 megaherca i drugi od 0,06 W i 108,3 megaherca, zatim termometri za mjerenje unutrašnje i vanjske temperature, rešetka sa spravom za mjerenje malih meteorita, sprava za mjerenje kozmičkih zraka i dr.

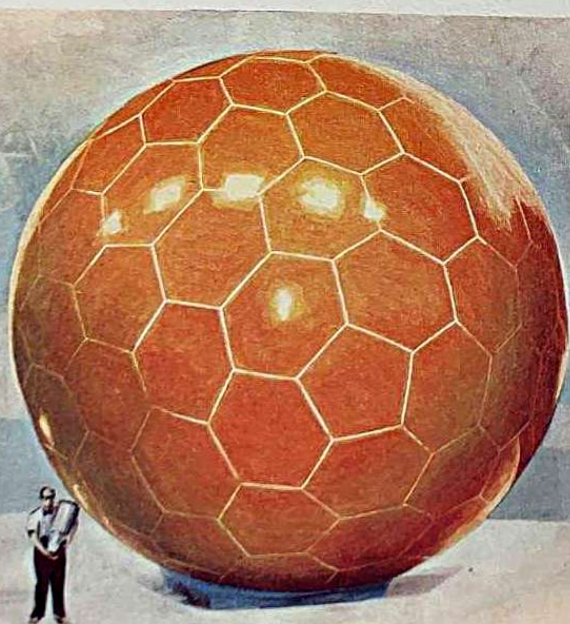
Nakon užurbanih priprema raketa je bila spremna za uzlet 31. I 1958. Ispalit će se u 22 sata i 30 min.

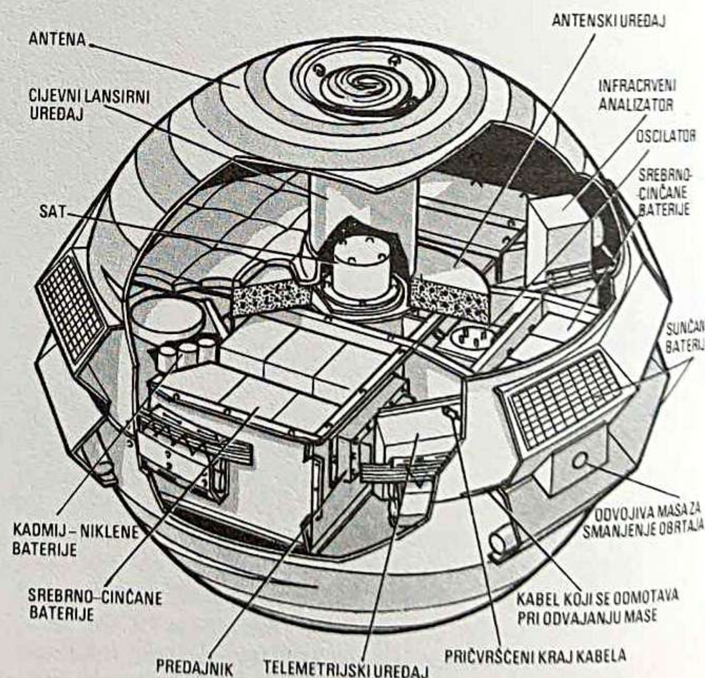
Redstone je dosegla tjeme putanje 260 sek. nakon starta na visini od 360 km i nalazila se u vodoravnom položaju. U bunkeru je tada utisnuto dugme, a u Redstonu se upalilo 11 raketa s krutim gorivom koje su se nalazile u drugom stepenu. Nakon 6 sek. izgorjele su i te rakete, pa se i drugi stepen odvojio. Poslije 2 sek. upaljen je treći stepen. I on je tjerao raketu samo 6 sek. i tada otpao. Nakon 2 sek. slobodnog leta upalio se četvrti stepen, koji je gorio 6 sek. i izbacio satelit Explorer brzinom od 29 500 km na sat. Explorer je ušao u eliptičnu putanju i počeo kružiti oko Zemlje 1. II 1958. 7 minuta poslije uzleta.

U SAD je izbačen 3. IV 1959. satelit *Pioneer IV* (Pajenir). To je bio četvrti američki pokušaj upućivanja rakete na Mjesec. *Pioneer I* i *III* dostigli su visinu od 114 000, odnosno 102 000 km, a *Pioneer II*, koji je loše uzletio, hotimice je uništen na visini od 1500 km. Pioneer IV je dobro uzletio, ali je zbog greške loše usmjeren, promašio je Mjesec za 60 000 km, pa se i on pretvorio u Sunčev planetoid. Nakon toga izbačeno je nekoliko satelita tipa Explorer i Vanguard. Na novom američkom kozmodromu (uzletištu za kozmičke rakete) Vandenberg (Vendenberg) započeli su pokusi sa serijom satelita *Discoverer* (Diskaverer = otkrivač) s korisnim teretom od 189 kg u raketi. Dok su svi sovjetski sateliti poslije 1958. bili tehnički dobro stabilizirani na putanji, američki su se sateliti održavali u vodoravnu položaju brzim okretanjem oko svoje osi. Na *Discovereru I* prvi put je upotrijebljen automatski stabilizator. Infracrveni nišan usmjeren prema obzoru držao je os satelita u vodoravnoj ravnini. Ako bi se satelit prednjim krajem uzdigao, infracrveni usmjerivač ispustio bi iz male mlaznice nešto helija prema gore, i satelit bi se izravnao. S pomoću malih mlaznica infracrveni automat neprekidno je upravljao satelitom. Na *Discovereru II* iskušane su retrorakete koje su imale usporavati brzinu kruženja satelita i na taj način vratiti ga iz svemira u atmosferu. Kad bi satelit ušao u atmosferu, u pogodnom trenutku otvorio bi se padobran, i kapsula bi se spustila u more, plutala bi na površini, a brodovi bi je izvadili i digli na palubu.

Vraćanje umjetnih satelita na Zemlju. Svaki umjetni satelit kruži oko Zemlje onom putanjom koja odgovara njegovoj brzini, jer na toj putanji vlada ravnoteža između gravitacije koja ga privlači k Zemlji i centrifugalne sile koja ga udaljuje od nje. Ako se poveća brzina kruženja, pojačava se centrifugalna sila, koja satelit udaljuje od Zemlje, i on kruži daljom, tj. širom putanjom. Obratno, ako se satelitu smanji brzina, oslabljuje se centrifugalna sila, a kako gravitacija ostaje jednako jaka, ona nadvladava centrifugalnu silu pa privlači satelit k Zemlji. Satelit kruži sve manjim elipsama, pa se u spirali približava Zemlji i napokon pada na njezinu površinu.

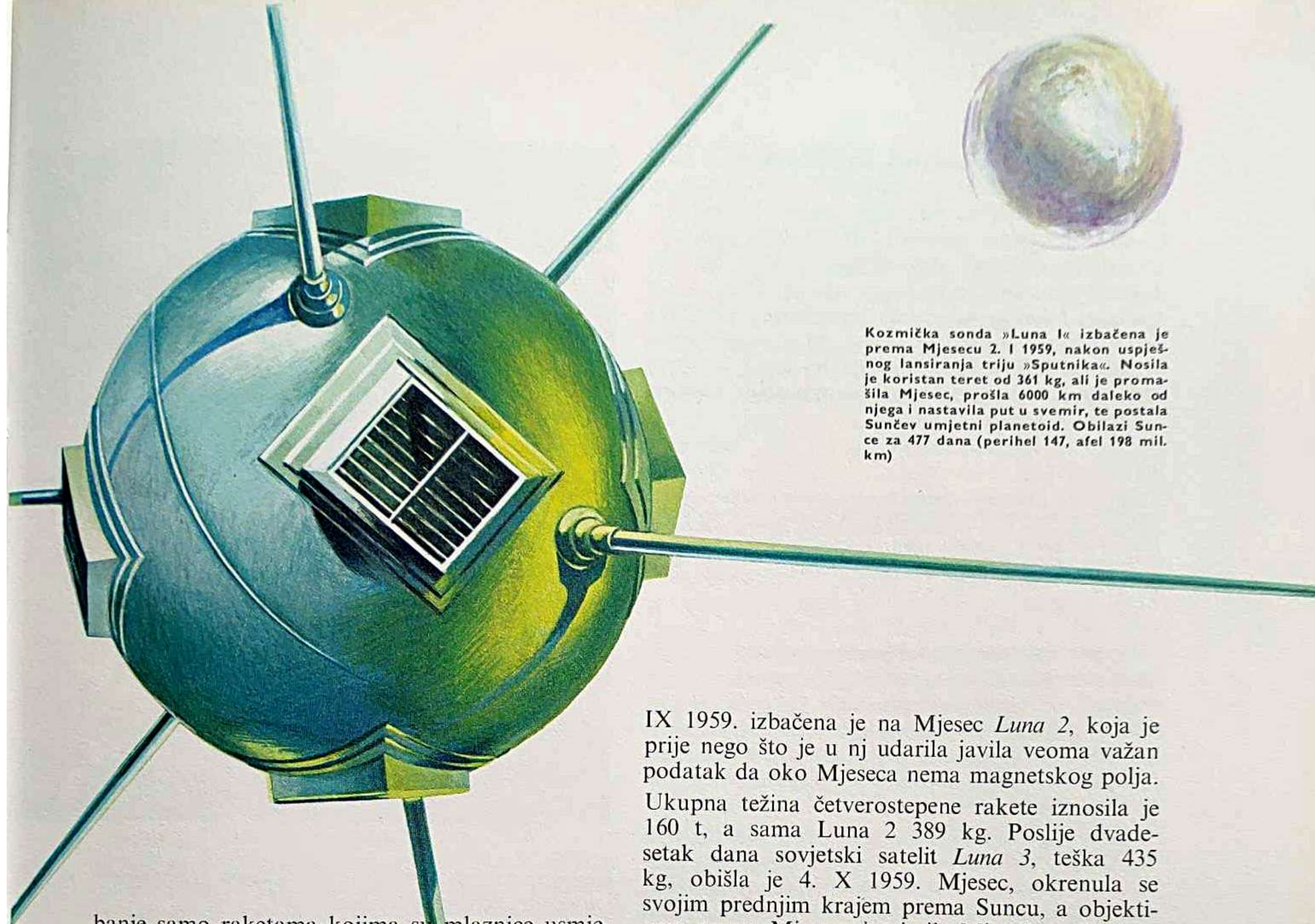
U svemirskom prostoru ne može se smanjiti brzina ni zakrilcima, ni zračnim kočnicama, ni padobranom jer oko satelita nema zraka. U tom zrakopraznom prostoru može se usporavati gi-





Gore: prvi navigacijski satelit »Transit IB«, izbačen 7. IV 1960. u putanju oko Zemlje. Na temelju radio-signala modificirane frekvencije Dopplerovim učinkom, mogu brodovi odrediti svoj položaj

Lijevo: pasivni telekomunikacijski satelit, balon »Echo II«, od plastične mase, obložen aluminijem. Izbačen u malom spremniku 25. I 1964, napuhnuo se na putanji oko Zemlje do promjera od 40 metara



Kozmička sonda »Luna I« izbačena je prema Mjesecu 2. I 1959, nakon uspješnog lansiranja triju »Sputnika«. Nosila je koristan teret od 361 kg, ali je promašila Mjesec, prošla 6000 km daleko od njega i nastavila put u svemir, te postala Sunčev umjetni planetoid. Obilazi Sunce za 477 dana (perihel 147, afel 198 mil. km)

banje samo raketama kojima su mlaznice usmjerene u smjeru kretanja. Gibanje se usporava puštanjem plinskog mlaza ispred rakete. U tom slučaju poriv mlaza ne tjera raketu naprijed nego natrag i smanjuje joj brzinu. Discoverer II imao je takve *retrorakete*. Usporavanje je uspjelo, i kapsula u kojoj su bili smješteni mjerni instrumenti vratila se u atmosferu, ali nije spašena unatoč čitavoj floti brodova koji su je očekivali. Nisu spašene ni kapsule Discoverera V, VI, VII i VIII. Discovereri III, IV i IX nisu dostigli putanju kruženja oko Zemlje. Amerikanci su, međutim, izvršili nekoliko drugih pokusa. Izbacili su raketu s plastičnim satelitom, balonom *Beacon* (Bekn) koji se imao napuhnuti tek kad stigne u putanju kruženja. U ljetu 1959. izbacili su i novi satelit *Transit* (Trenzit) s korisnim teretom od 120 kg, koji je imao služiti kao pokusno nebesko tijelo za orijentaciju brodovima i avionima. Ni ta dva pokusa nisu uspjela.

Pogodak na Mjesec. Naprotiv iz SSSR stizale su vijesti o uspjesima pokusa. Već 2. I 1959. u SSSR je izbačena prema Mjesecu *Luna I* s korisnim teretom od 361 kg, ali ona je promašila Mjesec, prošla na 6000 km pokraj njega, nastavila put u svemir i postala Sunčev planetoid. Ona i sada leti eliptičnom stazom; jedan krug izvrši u 477 dana na daljini od 147 milijuna do 198 milijuna km od Sunca. Već poslije osam mjeseci, tj. IX 1959. izbačena je na Mjesec *Luna 2*, koja je prije nego što je u nj udarila javila veoma važan podatak da oko Mjeseca nema magnetskog polja. Ukupna težina četverostepene rakete iznosila je 160 t, a sama Luna 2 389 kg. Poslije dvadesetak dana sovjetski satelit *Luna 3*, teška 435 kg, obišla je 4. X 1959. Mjesec, okrenula se svojim prednjim krajem prema Suncu, a objektivom prema Mjesecu i snimila Mjesečevu stražnju stranu, koja se nikad ne vidi sa Zemlje jer je Mjesec neprekidno okrenut prednjom izbočenom stranom prema Zemlji. U Luni 3 bila su tri radio-predajnika i dvije fotografske kamere od 200 i 500 mm žarišne daljine. Te su kamere snimale Mjesec iz daljine od 60 000 km kad se satelit okrenuo prema njemu. Slike su prenesene na Zemlju faksimilskim uređajem. Električnu struju u satelitu proizvodile su sunčane i kemijske baterije. Sovjetska je prednost u osvajanju svemira bila doista velika.

Kozmonauti. Međutim su se u SAD i u SSSR vršile pripreme za upućivanje čovjeka u svemir. Od mladih i zdravih avijatičara birali su se, nakon svestranih i strogih ispitivanja tjelesne i umne sposobnosti, prvi kozmonauti koji će u kapsuli — nepropusno zatvorenoj kabini — oblijetati Zemlju.

Učenjaci, izumitelji, tehničari i liječnici u SAD i SSSR ispitivali su rakete, svemirske satelite i kapsule u kojima bi čovjek mogao uzletjeti u svemirski prostor. Tehničari su prema savjetima zdravstvenih stručnjaka dotjerivali kapsule kako bi u njima kozmonauti mogli sa što manje napora i opasnosti izvršiti svemirska putovanja, a liječnici su ispitivali opasnosti na takvim putovanjima i pripremali kozmonaute za posebne napore i uvjete života.

Amerićani su iskušavali životne uvjete u svemirskim kapsulama na miševima i majmunima, a Sovjeti na malim polarnim psima. U jednoj i u drugoj zemlji trenirali su se već odabrani avijatičari. Zadatak tih odabranika nije bio lak. Trebalo je svladati mnogo znanja iz nauke i tehnike. Iako je kozmički brod tako opremljen da se njime može upravljati sa Zemlje, svaki kozmonaut mora temeljito naučiti kako se njime upravlja i kako se izbjegavaju opasnosti, kvarovi i prekidi veze sa Zemljom.



Kozmonaut se u termokomori privikava na toplotu, koja bi se mogla pojaviti u svemirskoj kapsuli. Ispituju se i usavršavaju svemirska odijela (skafandri), koja u hladnoći griju tijelo. Ona su dobar izolator protiv jarkih sunčanih zraka i topline. Izrađeni od više nepropusnih slojeva, skafandri održavaju i određeni tlak oko tijela.

Sprave za treniranje kozmonauta. Osim naporna učenja i vježbanja s aparatima kozmonauti su i trenirali na različitim spravama kako bi se privikli i očvrsnuli za prilike koje su ih očekivale u kapsulama. Najvažnije su takve sprave bile centrifuga, bezvučna komora, termokomora, barokomora i vibrator.

Centrifuga se doimlje kao ostakljen sanduk koji se, držan vodoravnom čeličnom motkom, strahovitom brzinom okreće oko uspravne osovine. Astronaut leži u tom lijesu u svemirskoj odori s hermetski zatvorenom kacigom na glavi i osobitim azbestnim rukavicama na rukama. Na različnim mjestima na tijelu namješteni su električni aparati koji mjere rad srca, krvni tlak, udaranje bila, i te podatke prenose iz sanduka na kontrolnu ploču, na kojoj liječnici nadziru rad svih organa. Od centrifugalne sile astronautova težina poraste više od 10 puta, i tako se on trenira da izdrži strahovito ubrzanje pri uzlijetanju raketa.

Bezvučna komora je kabina u kojoj kozmonaut ima stol, dnevnik, pribor za pisanje, sat, hranu, piće i sve ono što će imati i u kapsuli rakete, ali u njoj vlada potpuna tišina. Ne čuje se nikakav zvuk ni izvana; sve je nijemo kao u grobnici. Tako se kozmonaut privikava na samoću i odijeljenost od Zemlje.

U *termokomori* kozmonaut se privikava na život i rad u povišenoj temperaturi, zaštićen hermetski zatvorenom kacigom i odorom te spravom za disanje.

U *barokomori* kozmonaut se privikava na nizak tlak zraka.

Vibrator je pravo mučilište, stroj koji se doimlje kao neko dizalo. Uza nj je pričvršćen naslonjač koji se grubo diže i pada i vrlo neugodno trese, Na njemu se kozmonaut privikava na trešenje koje će doživjeti u kapsuli rakete.

Iako se budući kozmonauti biraju između najzdravijih i izvježbanih pilota lovaca, mnogo ih otpadne na tim ispitima; ostaju samo zrakoplovci i mornari čelična zdravlja.

Kozmonaut živi u bestežinskom stanju od trenutka kad kapsula uđe u svoju putanju i kruži oko Zemlje slobodnim letom bez raketnog pogona pa sve do trenutka dok se ne upale *retrorakete* (lat. retro = natrag, unazad) koje usporavaju brzinu. Reagiranje čovjekova organizma u bestežinskom stanju nije se moglo ispitati na Zemlji drukčije nego da se brzim mlaznim avionom iz velike visine strmoglavo leti po krivoj putanji prema Zemlji. Takvo stanje trajalo je u avionu samo nekoliko sekundi; odviše kratko da bi se mogla steći neka iskustva.

Nije jednostavno ni jesti u kapsuli pri bestežinskom stanju. Obična hrana digla bi se iz tanjura i lebdjela bi u zraku. Iz čaše bi se uzdigle kapljice koje bi lebdjele u kabini. Stoga je sva hrana smještena u tubama, poput zubne paste, a kozmonaut je pri jelu istiskuje u usta. Voda se pije iz boce s gumenom dudom kao što djećica piju mlijeko. Piti i jesti treba tako da se tuba i duda drže stisnutim usnama jer bi inače grudice hrane i kapljice vode pobjegle i lebdjele u zraku.

Umjetni sateliti s posadom. Amerićani su prvi uspjeli vratiti iz putanje na Zemlju satelit Discoverer XIII, težak 136 kg, s visine od 500 km. Taj se satelit vratio s kružnog puta na radio-zapovijed sa Zemlje.

U SSSR izbačen je 19. VIII 1960. *Sputnik V*. U njegovoj kabini od 4590 kg, koja je bila uređena za let čovjeka, putovale su kujice Strijelka i Bijelka, nekoliko štakora, miševa, muha, biljki i sjemenki. Vladanje životinja prenosio je televizijski predajnik iz kabine na Zemlju. U početku dok je raketa uzlijetala sve većom brzinom, kujice su zaplašeno gledale u vratašca i osluškivale buku. Kad ih je počelo pritiskivati golemo ubrzanje, Strijelka je raširila nožice i odupirala se sve jačoj sili. Domalo su se obje onesvijestile. Za bestežinskog stanja lebdjele su u zraku nepomične kao mrtve. Poslije desetak minuta Bijelka je ljutito lajala, ali malo poslije obje su se primirile i jele iz automata za hranjenje. Prvi put u povijesti vratili su se na Zemlju živi stvorovi pošto su u 24 sata 16 puta obletjeli Zemlju na visini od 320 km.

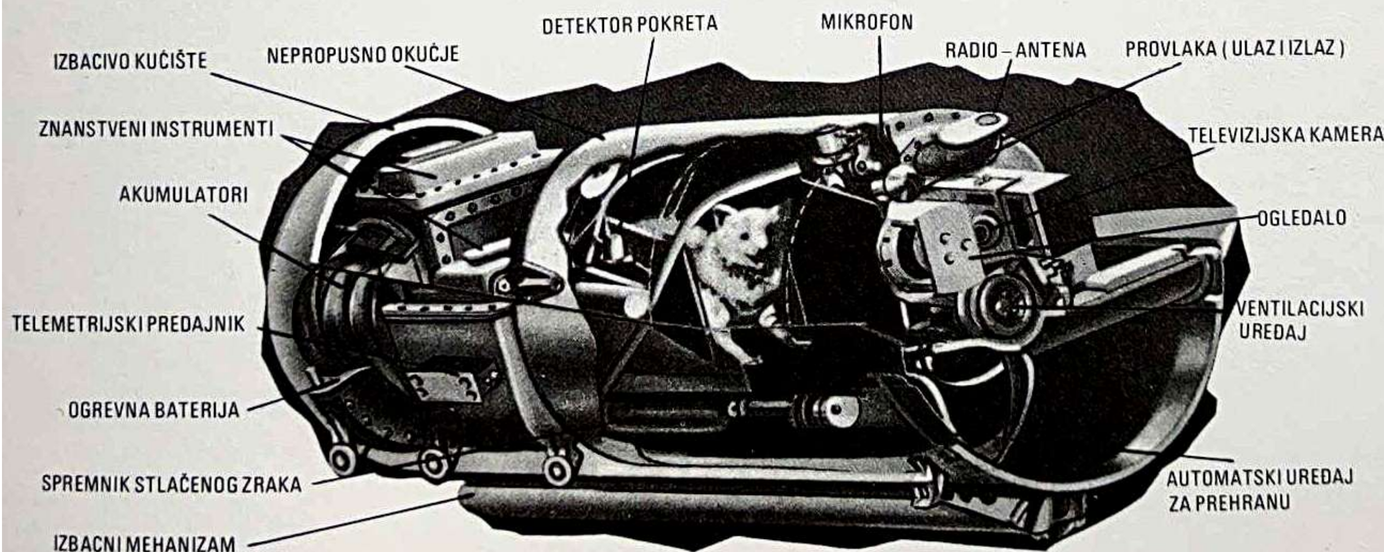
Sa *Sputnikom VI* sovjetski stručnjaci nisu imali sreće. On je 1. XII 1960. uzletio s kujicama Pčelkom i Muškom, međutim, kabina se nije odvojila od posljednjeg stepena rakete, nego je izgorjela. *Sputnik VII*, u kojemu se iskušavalo novo gorivo, raspao se u više dijelova. *Sputnik IX* nosio je 23. III 1961. u kozmonautskoj kabini lutku smještenu u naslonjaču, kujicu Černušku i druge životinje. Kabina je vraćena na radio-zapovijed na Zemlju točno na određeno mjesto, a sve su životinje stigle žive i zdrave. Sazrelo je vrijeme za put kozmonauta u svemir. Međutim, stručnjaci su željeli izvršiti još jedan pokus. Već 25. III 1961. upućen je *Sputnik X* s kujicom Zvjezdočkom i drugim životinjama, pa kad se i on vratio na Zemlju, odlučeno je da u svemir krene prvi čovjek.

OPASNOSTI U SVEMIRU

Porivu rakete što ga stvara gorivo s pomoću motora suprotstavljaju se u protivnom smjeru gravitacija i otpor u zračnom omotaču Zemlje, koji je dvostruka prepreka jer otporom smanjuje brzinu, a trenjem povećava temperaturu na metalnom trupu. Pri povratku umjetnog satelita iz svemira temperatura može toliko porasti da čitav satelit izgori kao što izgore i meteori kad uđu u Zemljinu atmosferu. Kozmonautika je morala pronaći način kako će ukloniti te opasnosti. Da bi to mogla uspješno riješiti, morala je najprije istražiti i proučiti atmosferu.

Atmosfera (grč. atmos = para, sfaira = kugla) je omotač kojim su obavijena nebeska tijela: Sunce, zvijezde i veći planeti. Tako se npr. kaže da je Venerina atmosfera sastavljena od para koje skrivaju taj planet od naših pogleda kroz dalekozore. U užem smislu atmosfera je zračni omotač oko naše Zemlje. U Zemljinoj atmosferi javljaju se različne toplotne, električne, zvučne i druge pojave, vodoravna i uspravna strujanja, zgušćivanje vodene pare, oblaci i oborine. Te su fizičke pojave u tijesnoj vezi s različnim prirodnim pojavama na Zemlji, a stoje i pod utjecajima kozmičkih zračenja.

Atmosfera nema određene gornje granice, već završava prijelaznim slojem. O visini atmosfere može se zaključivati po različnim pojavama koje mogu nastajati samo uz prisutnost zraka. Srebrnasti oblaci opaženi su do visine od 90 km,



Shematski presjek sovjetskog umjetnog satelita »Sputnik V«. (Izbačen 19. VIII 1960, masa 4590 kg.) Imao je izbacivo kućište s kujicama Bijelkom i Strijelkom, 12 miševa i štakora te više muha, biljki i sjemenki. Satelit je za 24 sata šesnaest puta obletio Zemlju, na visini od 320 km. Životinje su u kapsuli vraćene žive na Zemlju

meteori u visini od 40—150 km, a polarna svjetlost na 80 do 1000 km. Visoki slojevi atmosfere proučeni su u najnovije doba i instrumentima koji su bili smješteni u raketama i umjetnim satelitima. Danas razlikujemo pet atmosferskih slojeva koji imaju različite fizičke osobine.

Troposfera (grč. trope = obrat) je najniži sloj atmosfere. U njoj je oko 80% cjelokupne zračne mase Zemljina omotača i gotovo sva vodena para. Taj sloj doseže visinu od 8 do 18 km. Temperatura u njemu opada prosječno 6° na svaki kilometar visine, pa na gornjoj granici troposfere iznosi od —50° do —85°.

Stratosfera (lat. stratum = sloj) je drugi sloj atmosfere, koji se prostire do 40 km visine. U stratosferi je temperatura postojana i iznosi od —40° do —60°. U njoj je zrak tako razrijeđen da je na visini od 15 km njegova gustoća 8 puta manja, a na 20 km 14 puta manja nego na Zemljinoj površini. Stratosfera sadržava vrlo malo vodenih para, i zato u njoj nema oblaka. U donjim slojevima prevladavaju zapadni vjetrovi, a u gornjim slojevima istočni. Granični sloj između tih vjetrova nalazi se na visini od 18 do 25 km. Stratosferom danas lete veliki mlazni putnički avioni pod vedrim nebom i mirnim razrijeđenim zrakom. Stoga su u takvim avionima kabine nepropusno zatvorene, i u njima vlada umjetna atmosfera.

Mezosfera (grč. mesos = srednji) je treći sloj koji se prostire od 40 do 80 km visine. Temperatura s visinom raste i u sredini sloja zbog ozona dostiže 50° do 100°, ali dalje s visinom pada, te se na gornjem rubu kreće između —50° i —100°. Gustoća zraka je na 60 km visine 1000 puta manja nego na površini Zemlje.

Termosfera (grč. thermos = topao, vruć), koja se zbog svojih električnih svojstava zove i *ionosfera*, prostire se između visine od 80 i 800 km. Temperatura u njoj s visinom raste, pa se u gornjim slojevima kreće od —100° do više od tisuću stupnjeva. Vjetrovi imaju pretežno zapadni smjer, a brzina im je od 10—200 m u sek., ali ponekad u vihorima iznosi i do 360 km na sat. Na visini od 100 km gustoća zraka je milijun puta manja nego uz površinu Zemlje, a na 400 km tako je mala da 1 km³ uzduha teži samo 1 gram.

Egzosfera (grč. ekso = izvan, vanjski) je peti, najviši sloj atmosfere u kojemu su molekuli i atomi zraka toliko razrijeđeni i imaju tako veliku brzinu da jedan dio čestica, uglavnom vodika i helija, nadvladava gravitaciju i diže se u međuplanetarni prostor. Donja je granica egzosfere na visini od 800 km, a gornja je neodređena, ali se obično uzima da na visini od 2500 km prestaje Zemljin omotač i počinje svemirski prostor.

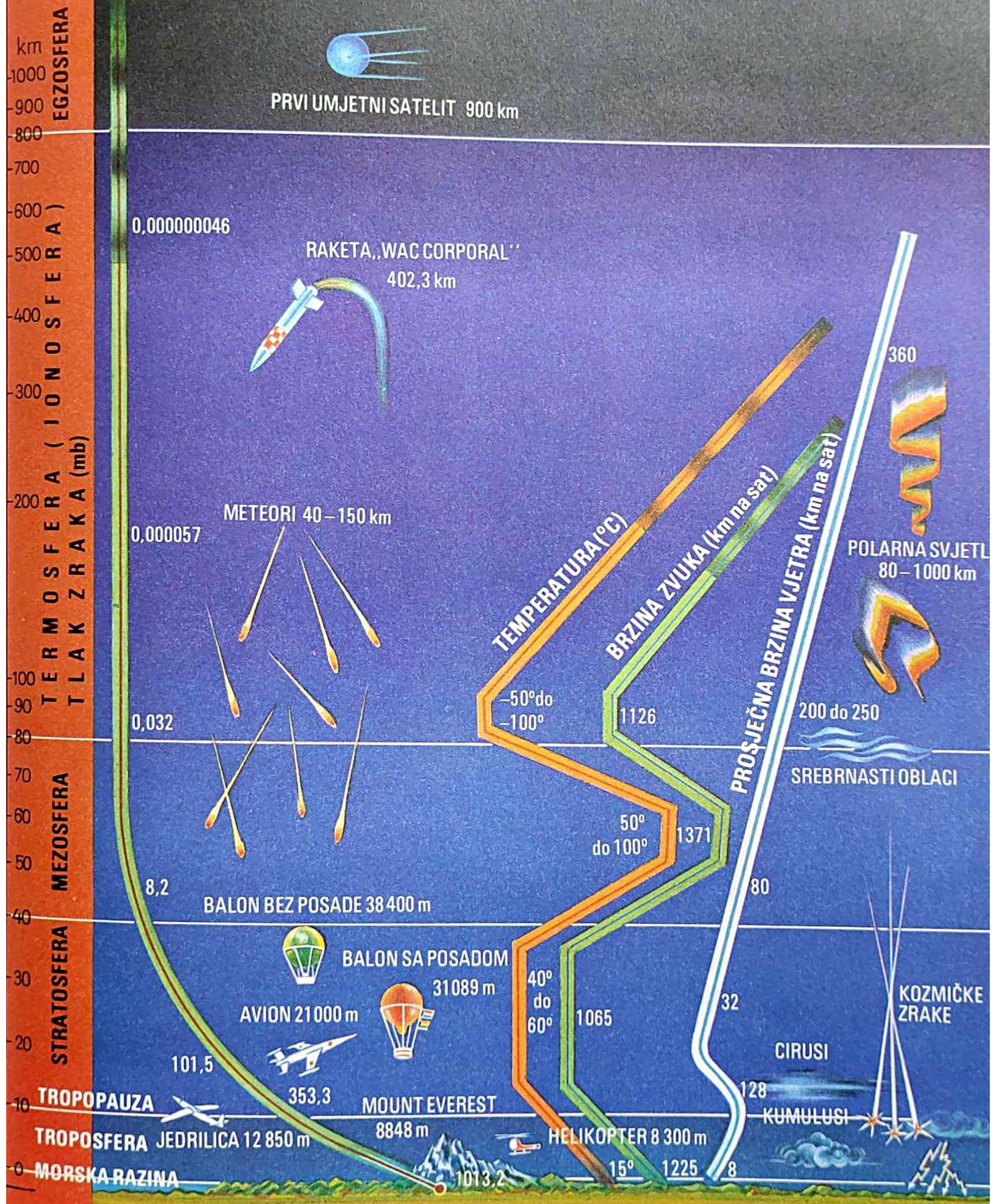
Ubrzanje. Čovjek živi na Zemlji koja se okreće oko Sunca brzinom od 30 km u sek. Sunce se giba brzinom do 120 km u sek. kroz spiralu galaksije, koja opet juri brzinom od 160 km u sek. Unatoč golemim brzinama, koje su mnogo veće od najvećih raketnih brzina, mi ipak ne osjećamo nikakvih smetnji, jer se gibamo sa Zemljom jednolikom brzinom. Smetnje bismo osjetili samo kad bi se pojavilo *ubrzanje* (ili usporenje), tj. onda kad bi neka nova sila povećala (ili smanjila) brzinu kojom se gibamo sa Zemljom. Svatko to osjeća u autobusu kad se vožnja ubrzava: sila koja se javlja pri ubrzavanju vuče prema natrag. Obratno, kad se u vožnji naglo zakoči, sila nas potiskuje prema naprijed. Tako je i u raketi kad se izbacuje sa zemlje. Astronaut u njoj osjeća to jači tlak, koji ga pritiskuje uz sjedište, što je veće ubrzanje pri izbacivanju rakete. Tlak na sjedište stvara osjećaj težine.

Sjetimo se što nam je poznato o sili teži *g*. Kad se kaže da je neko tijelo teško 50 kg, isto je kao da smo rekli kako Zemlja privlači to tijelo silom koja je jednaka težini od 50 kg. Kad čovjek težak 75 kg poskoči uvis, on mora upotrijebiti silu koja je potrebna da se podigne teret od 75 kg. Pretpostavimo da neka raketa polazi sa Zemlje potiskivana silom koja je pet puta veća od teže. U tom se slučaju kaže da raketa stvara potisak od 5 *g*. Kozmonaut u njoj osjeća pet puta jači učinak sile teže, odnosno čini mu se kao da je 5 puta teži. Ako je on na Zemlji težak 75 kg, čini mu se da teži 385 kg. Ima raketa koje se izbacuju i s ubrzanjem od 70 *g*, ali u njima nema posade, jer nitko ne bi mogao izdržati sedamdesetostruku težinu.

Učenjaci su dugo proučavali smetnje što ih stvara ubrzanje. Trebalo je ustanoviti koliko čovjek može izdržati. Hoće li moći disati kad mu težina bude 8 puta veća. Hoće li biti sposoban da nešto radi? Hoće li biti pri svijesti? Sve se to ispitivalo u *centrifugi*. Ona se iz stanja mirovanja okreće sve brže. Ubrzanje je to veće što se u kraćem vremenu dostizava veća konačna brzina. Pokusi se vrše s različitim ubrzanjima i u određenom vremenu, ali je konačna brzina uvijek ista, a to je *druga kozmička brzina* od 11,2 km u sek.

Modernim se raketama može ubrzanje smanjiti koliko se hoće, ali bi prespora raketa morala nositi mnogo goriva u velikim spremištima i bila bi odviše teška. Sad se raketi s posadom daje onoliko ubrzanje koliko čovjek može podnijeti bez opasnosti.

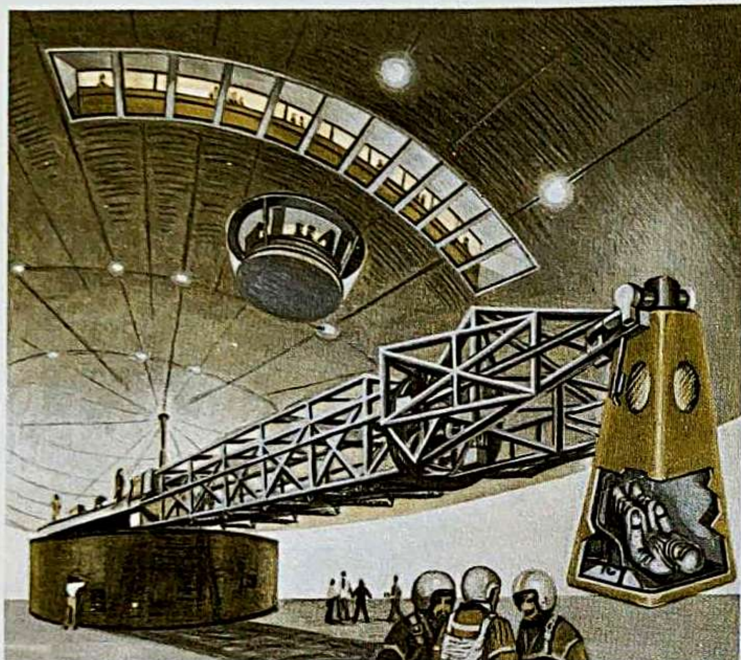
Atmosfera je omotač koji obavija nebeska tijela. U užem smislu zračni omotač oko Zemlje. U atmosferi se razlikuje više slojeva različitih fizičkih osobina. Najniži je sloj troposfera, koja na srednjim geografskim širinama dostiže visinu od 10 do 12 km i sadržava oko 80% zračne mase. Ona je i najaktivniji sloj u kojemu se događaju sve vremenske pojave. Iznad nje slijede: tropopauza, stratosfera, mezosfera (ionosfera) i egzosfera, u kojoj su molekuli i atomi vrlo razrijeđeni i toliko brzi da neke čestice nadvladavaju Zemljinu težu i odlaze u međuzvjezdani prostor



km
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
EGZOSFERA
TERMOSFERA (IONOSFERA)
TLAK ZRAKA (mb)
MEZOSFERA
STRATOSFERA
TROPOPAUZA
TROPOSFERA
MORSKA RAZINA
PRVI UMJETNI SATELIT 900 km
0,000000046
RAKETA „WAC CORPORAL"
402,3 km
360
METEORI 40 – 150 km
0,000057
TEMPERATURA (°C)
BRZINA ZVUKA (km na sat)
PROSJEČNA BRZINA VJETRA (km na sat)
POLARNA SVJETL
80 – 1000 km
–50° do
–100°
1126
200 do 250
0,032
SREBRNASTI OBLACI
50°
do 100°
1371
8,2
80
BALON BEZ POSADE 38 400 m
BALON SA POSADOM
31 089 m
40°
do
60°
1065
32
KOZMIČKE
ZRAKE
AVION 21 000 m
CIRUSI
101,5
353,3
128
MOUNT EVEREST
8848 m
KUMULUSI
JEDRILICA 12 850 m
HELIKOPTER 8 300 m
15°
1225
8
1013,2

Nakon ispitivanja u centrifugama ustanovljeno je da zdrav čovjek, ako leži okrenut leđima u smjeru gibanja, može podnijeti ubrzanje od 8 *g* i dulje od jedne minute, ali ne može izdržati više od 4 ili 6 sekundi takvo ubrzanje ako stoji ili sjedi. Kad bi astronaut stajao ili sjedio, ubrzanje bi mu potisnulo krv iz mozga u noge i odmah bi osjetio smetnje: sivu omaglicu, mrak, onesviještio bi se i umro. Zbog toga u svima svemirskim brodovima astronauti leže okrenuti leđima u smjeru gibanja u osobitom naslonjaču, koji je izrađen po mjeri tako da glava, tijelo, ruke i noge zauzimaju najpovoljniji položaj. Osim toga svemirsko odijelo ima uvijek veoma stegnute nogavice da se smanji priliv krvi u noge.

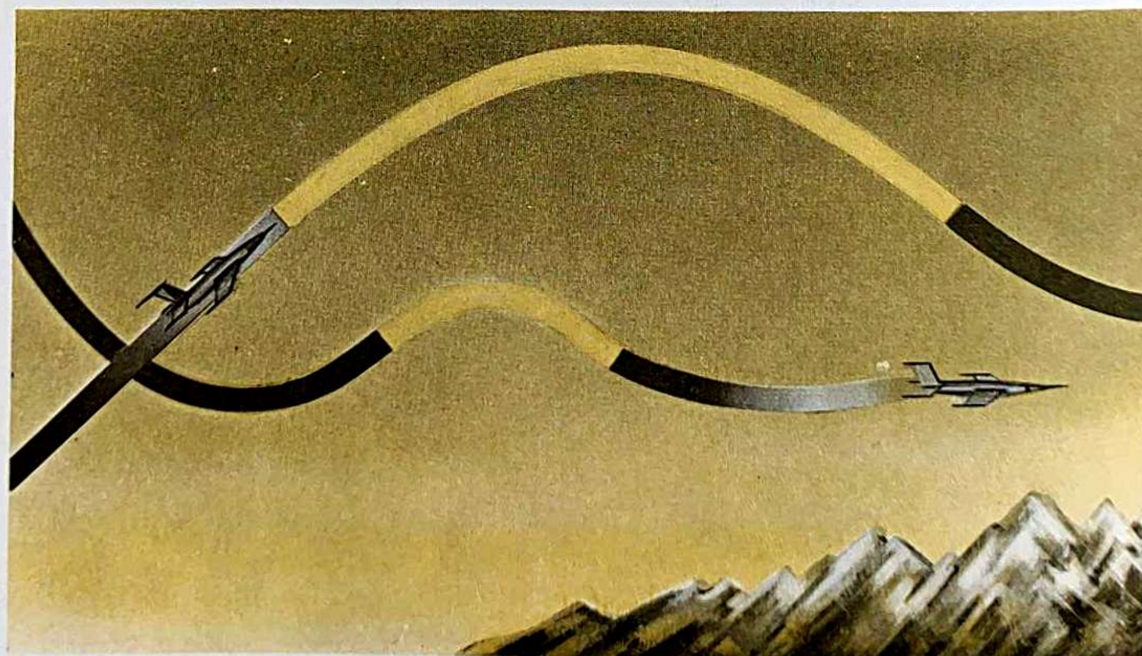
Kad se na povratku iz svemira kapsuli naglo smanjuje brzina, prije ulaska u atmosferu, jako bi usporenje (ubrzanje u obratnom smjeru) izbacilo astronauta iz sjedišta pa bio i najčvršće privezan uza nj. Osim toga, čovjek u ležećem stavu, okrenut grudima u smjeru gibanja, ne može izdržati usporenje od 8 *g* jednu minutu, nego prosječno najviše 40 sekundi. Zbog toga su sve kapsule izrađene tako da se u svemiru, prije povratka u atmosferu, obrnu pa astronaut opet leži okrenut leđima u smjeru gibanja, a usporenje ga pritišće uz ležište. Ubrzanje pri polasku i usporenje pri povratku uzima se toliko jako da zamagljivanje vida, otešćano disanje i bol u grudima ne premaše izdržljivost posade.



Bestežinsko stanje. Kad u svemirskom brodu čovjek slobodno kruži oko Zemlje, njegovoj se težini (sili teži) suprotstavlja centrifugalna sila. koja je jednaka ali protivnog smjera. Posljedica je da kozmonaut tada nema težine. U takvu bestežinskom stanju nalazi se svemirski brod i sve što je u njemu kad se kreće kružnom, eliptičnom ili drugom putanjom od sile inercije, bez raketnog potiska, bez atmosferskog otpora i bez privlačne sile drugih nebeskih tijela.

Odavna su fizičari na Zemlji pokušavali da stvore umjetnim putem bestežinsko stanje, a postigli su ga samo za vrlo kratko vrijeme na tijelu koje slobodno pada. Nešto dulje takvo stanje, od 20 do 30 sekundi, stvoreno je u avionu kad velikom brzinom, sa zaustavljenim motorima, leti bez potiska lukom takva oblika da se sila teža izjednači s centrifugalnom silom.

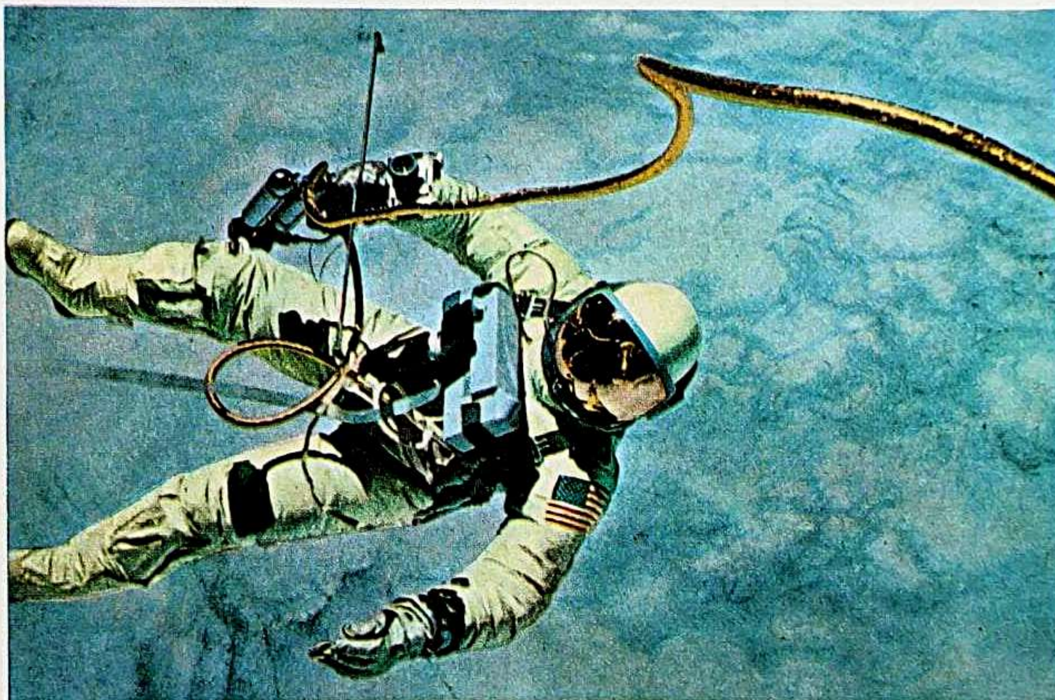
Lijevo: u centrifugi se astronauti privikavaju na ubrzanje od 8 g. Dolje: avijatičari se znaju zaletjeti, propeti se i bez potiska opisati luk. Na njemu je sila teža ravna centrifugalnoj sili, a u avionu tada, najdulje trideset sekundi, vlada pravo bestežinsko stanje



Kako se čovjek osjeća u bestežinskom stanju, može se samo djelomično iskušati u dizalu (liftu) kad se vrlo naglo spušta. Od sto kandidata za kozmonaute oko dvadeset i pet ih ne podnosi naglo spuštanje, i oni se odmah isključuju. Od ostalih sedamdeset i pet nekima je naglo spuštanje čak i ugodno, ali među njima mnogi osjećaju srčane smetnje. Međutim, one kao da ne ovise od trajanja bestežinskog stanja, kad srce radi s mnogo manje napora. Od svih astronauta jedino se Walter Schirra (Šira) nešto teže prilagodio redovitom težinskom stanju pošto je izišao iz kapsule na Zemlji. Stručnjaci su povjerovali da će astronauti lako podnijeti i trideset dana u bestežinskom stanju.

vježbati kad bi im bilo dostiglo 180 kucaja u min. Zbog toga je Lovell u 14 dana izgubio samo 2,8 kg. Ipak sve smetnje ne pogađaju svakog čovjeka jednako. Borman je, unatoč protumjerama, na putovanju s Lovellom izgubio 4,5 kg.

Liječnici vjeruju da će se sve opasnosti moći otkloniti, ali ih je iznenadilo da se astronauti brzo zamaraju u bestežinskom stanju kad iziđu iz kapsule. Bilo im udara između 130 i 170 kucaja u min. Oni ubrzano dišu i oblijeva ih obilat znoj, koji zamagljuje okna na skafandru. Zbog toga se Gordon vratio u kapsulu nakon 40 min, iako je prema programu morao proboraviti izvan kabine 115 minuta. Pošto se kozmonaut vrati u kapsulu i zatvori okno, bilo mu se od



Skafandar je minijaturna nepropusna kabina. Izrađen je od 12 slojeva. Tri su unutrašnja sloja nepropusna. Iduća su dva zaštita od topline i meteorita. Šest je slojeva od kaptona, a vanjski je sloj od nepoderive plastike. Ispod odijela je rashladna mreža od najlonskih cjevčica kroz koje struji voda iz kutije za kisik. Nju nose astronauti na leđima. Temperatura se u odori održava na 18°C. U šljem se neprekidno dovodi kisik za disanje. U šljemu su mikrofon i radio-telefon. Skafandar ima uređaj za regeneraciju zraka. Za kretanje po svemiru upotrebljava se ručni dvomlazni aparat. Astronaut izlazi iz svemirskog broda privezan za kapsulu kabelom (pupčanom vrpcom)

Svi su astronauti za svemirskih letova gubili na tjelesnoj težini: oko 1,5 kg za pet sati kruženja, oko 3,5 kg za sedam dana i 4,5 kg za četrnaest dana boravka u bestežinskom stanju. Izlazak iz kapsule još je veća opasnost. Cernan, koji je letio tri dana i izišao iz kapsule Gemini 9, izgubio je 4,5 kg kao Borman u četrnaest dana leta u Geminiju 7. Međutim, gubitak težine ne zabrinjava liječnike, jer je on posljedica gubitka vode, osobito od obilata lučenja znoja u kozmonautskom skafandru (odijelu). Težina se redovito nadoknađuje na Zemlji za 3 do 5 dana.

Mnogo su ozbiljnije opasnosti odvapnjivanje kosti i atrofija mišićja svih astronauta, koje nastaju kao posljedica duljeg mirovanja mišićja i kostura. Da to izbjegnu, Borman i Lovell su imali u Geminiju 7, za kruženja od 14 dana svakog dana 1 gram kalcija, pili su više tekućine i marljivo okretali elektronsku dvokolicu, a prestali bi

napora ubrza i do 180 kucaja u min. Međutim, pošto je Aldrin proboravio bez ikakvih smetnji više od 5 sati izvan Geminija 12, liječnicima su se ponovno probudile dobre nade. Treba piti više tekućine, uzimati kalcij i marljivo vježbati.

Da bi se izbjegle sve teškoće bestežinskog stanja, pomišlja se i na to da se u svemirskom brodu stvori prividna sila teža primjenom centrifugalne sile. To je uspješno iskušano na Geminiju 11. Gordonu je pošlo za rukom da Gemini 11 priveže za raketu Agenu 30 m dugim konopom, koji je bio lako napet zbog razlike u brzini Agene i Geminija 11. Malim mlaznicama Gemini je pokrenut u stranu, pa se od tog potiska polagano i jednolično okretao s Agenom oko nje puna dva sata. Tako je od vrtnje u Geminiju 11 stvorena veoma slaba centrifugalna sila, od samo 1/600 sile teže, ali je i ona bila dovoljna da olovka, koja je dotad lebdjela u kabini, padne na stol.

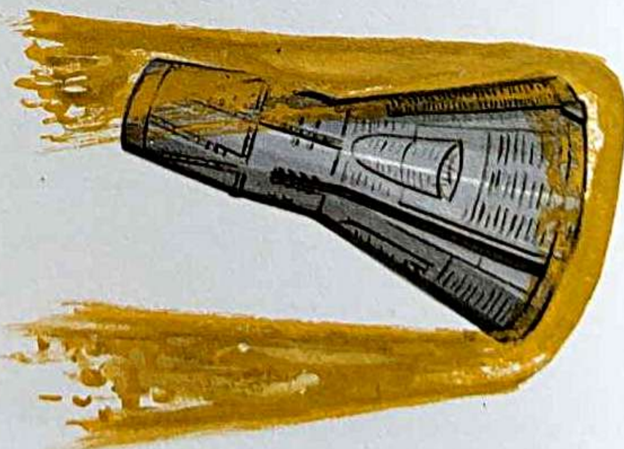


Posada aviona za kratkotrajnog bestežinskog stanja. Na Zemlji se može umjetno stvoriti zrakoprazan prostor, visok tlak, ubrzanje, usporenje, visoka i niska temperatura, tišina i buka, sve osim bestežinskog stanja. Kad bi i to bilo moguće, svemirski bi prostor ponešto izgubio od važnosti za neke tehničke pokuse i radove. Avijatičari mogu u brzim avionima stvoriti kratko vrijeme (najviše do deset sekundi) bestežinsko stanje, kad polete lukom, kako je prikazano na 324. stranici. Sada se montažni radovi budućih svemirskih stanica uvježbavaju pod vodom. Astronauti su u ronilačkim odijelima opterećeni tako, da im uzgon bude ravan nizgonu. Oni se tada gibaju i rade, približno, kao da su u bestežinskom stanju u svemiru

Do sada je izrađeno mnogo planova za svemirske stanice u obliku obruča, koje bi se okretale oko svoje osi, kako bi se u njima stvorila centrifugalna sila, neka vrst prividne sile teže, a posada bi se u obruču kretala po njegovu vanjskom obodu.

Kad astronaut iziđe iz kapsule, on, doduše, kruži oko Zemlje istom putanjom kao i umjetni satelit, ali posve slobodno lebdi u svemiru u bestežinskom stanju. Ako se posve lagano otisne rukom od kapsule, odmah se počne udaljavati, pa kako nema zračnog otpora, otišao bi nezaustavljivo daleko kad ne bi bio privezan čvrstim užem za kapsulu. Ako se želi premjestiti u svemiru s jednog položaja na drugi, on to može učiniti samo ako se potisne malim plinskim mlazom što ga ispusti iz ručne mlaznice. Ako uperi mlaz nadesno, kreće se ulijevo. Ako ispusti iz mlaznice malo plina prema natrag, odmah se počne kretati prema naprijed. Ipak nije lako upravljati takvom mlaznicom jer i malo nesmotreno izbačen mlaz može zakrenuti kozmonauta u kovitlac. Stlačeni plin za mlaznicu kozmonaut nosi u malom spremniku na grudima ili na leđima. Vješt kozmonaut usmjeruje svoje kretanje posve točno. Edwin Aldrin otplutao je od Geminija 12 do Agene i uz nju pričvrstio uže i jednu letvu, uvijao je i izvijao vijke, spajao električne spojeve i obavljao uspješno mnogo drugih radova.

Okolina. Svemirski brod se grije pri polasku sa Zemlje, ali ipak ne odviše, jer kroz najgušće slojeve atmosfere prolazi polagano. Brzina se povećava postepeno kad zračni slojevi postaju rjeđi. Brod prolazi kroz stratosferu i termosferu već velikom brzinom, ali tu se zbog krajnje razrijeđenosti zraka temperatura između kapsule i okoline prenosi samo zračenjem. Zbog toga se temperatura u kabini može dobro regulirati klimatizacijskim uređajima. Conrad i Gordon su u Geminiju 11 bez teškoća prošli sloj između 10 i 50 km visine, od minus 56° u stratosferi i plus 1200° u termosferi. Kabina je zaštićena od visokih temperatura načinom gradnje, izolacijom i materija-



lom od kojeg je izrađen omotač. Kako se svemirski brod ukupno više grije nego hladi, treba kabinu češće hladiti.

Kad se astronauti žele vratiti iz svemira, oni moraju kapsuli smanjiti brzinu. To se u bezračnom prostoru ne može učiniti na drugi način nego paljenjem retroraketa, koje izbacuju mlazove prema naprijed i tako koče napredovanje. Kapsuli se s pomoću retroraketa mora znatno smanjiti brzina prije ulaska u atmosferu. Ipak, na povratku iz svemira, kapsula se grije znatno jače nego pri izbacivanju sa Zemlje, jer ulazi u Zemljin zračni omotač mnogo većom brzinom.

Prije paljenja retroraketa treba kabinu okrenuti tako da astronauti budu okrenuti leđima u smjeru gibanja jer se tada javlja vrlo jako usporavanje, mnogo jače nego što je bilo ubrzavanje pri polasku sa Zemlje. Ona zaobljena ploha kapsule, koja je nakon poluobrta okrenuta prema naprijed obložena je osobitim materijalom koji je veoma otporan protiv visokih temperatura. Ploha se od strahovitog trenja užari i gori. Otkidaju se izgorjeli slojevi s površine, pa se tako postepenim odvajanjem slojeva čitava ploha hladi. Kad se trenjem kroz atmosferu dovoljno smanji brzina, iz kapsule se na dovoljnoj visini iznad Zemlje ispusti malen, osobito čvrst kočni padobran. On nakon toga povuče i otvori velike padobrane, koji kapsuli toliko smanje brzinu padanja da se može »meko« spustiti na kopno ili na morsku površinu.

Zračenja. Donji slojevi atmosfere štite sva živa bića od kozmičkih zraka i od protona što ih izbacuje Sunce, najviše za njegovih velikih erupcija. Ako se astronaut ne udalji odviše od Zemlje, štite ga i *Van Allenovi pojasi radijacije*.

Kozmičke zrake su čestice velike energije, koje su, na velikoj udaljenosti od Zemlje, sastavljene uglavnom od protona (jezgri vodika) i alfa-čestica (jezgri helija). Ukupna količina zračenja od svemira do Zemlje najprije raste, jer se u gornjim slojevima atmosfere protoni i alfa-čestice primarnog zračenja sudaraju s jezgrama dušika i kisika, pa stvaraju sekundarno zračenje. Oba su zračenja najjača na visini od oko 25 km, a zatim su sve slabija do tla jer ih apsorbiraju donji slojevi atmosfere.

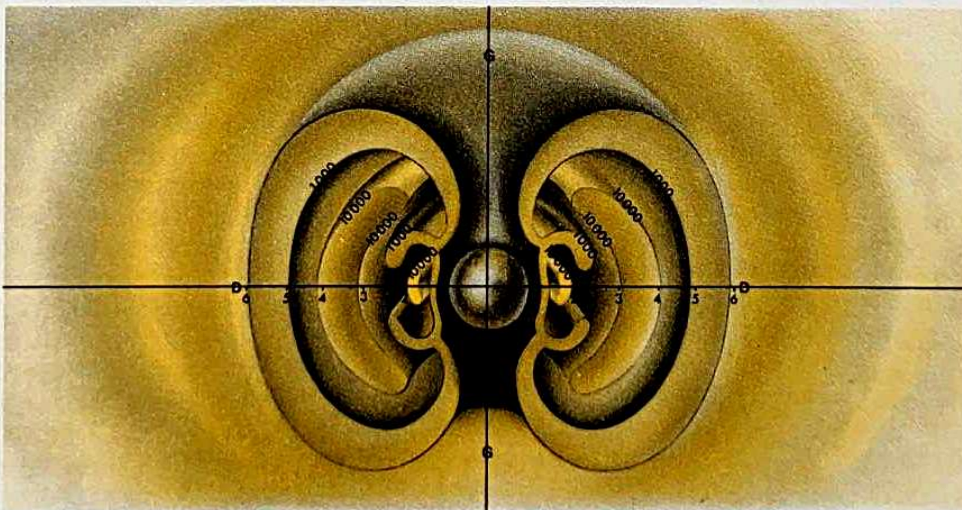
Iz dugogodišnjih motrenja ustanovljeno je da se na Suncu pojavljuju grupe nepravilnih, pokretnih i tamnijih udubljenja. To su tzv. *Sunčeve pjege*. Za astronautiku od velike su važnosti *Sunčeve erupcije*. One se pojavljuju od vremena do vremena i ponekad su vrlo jake. Sunčeva aktivnost mijenja se u periodu od 11½ godina.

Protoni iz Sunčevih erupcija astronautu su mnogo opasniji nego kozmičke zrake. Za najjačih Sunčevih erupcija količina protona je, daleko izvan Zemljine atmosfere, astronautu smrtonosna. Međutim, Sunčeve erupcije se mogu za kratko razdoblje unaprijed predvidjeti s dovoljno sigurnosti. Ali na tu opasnost treba misliti kad se priprema put na Mjesec, a pogotovo je treba izbjeći za dugih interplanetarnih putovanja.

Van Allenovi pojasi radijacije otkriveni su i zabilježeni već na prvim kruženjima američkih satelita, a nazvani su imenom učenika *Jamesa A. van Allena*, koji ih je otkrio. Oni nastaju od protona i elektrona iz kozmičkih zraka i iz Sunčevih erupcija pri ulasku u magnetsko polje Zemlje.

Umjetni sateliti su otkrili i deformacije magnetskog polja Zemlje. Sada se zna da čestice velike brzine, što dolaze sa Sunca i koje se nazivaju *Sunčev vjetar*, oblikuju Zemljinu magnetosferu. Sunčev vjetar udara u onu polutku magnetosfere, koja je okrenuta prema Suncu. Stoga je ona manja i zbijenija, a na njezinoj prednjoj površini stvara se kao neki udarni val (štit). Stražnja polutka je veća i izdužena, kao da ju je Sunčev vjetar otpuhao. Magnetosfera otklanja čestice Sunčeva vjetra od sebe na sve strane.

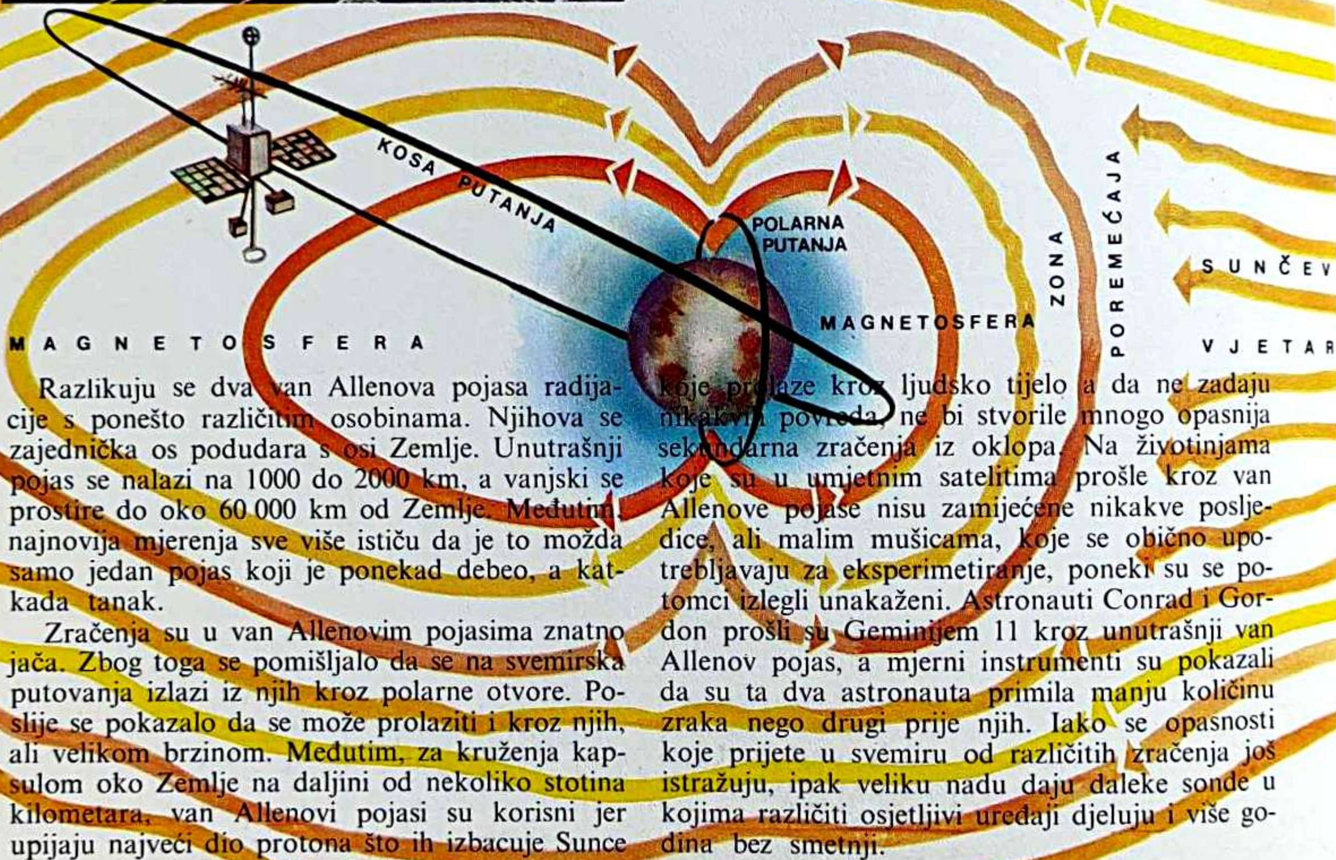
Kapsule »Mercury« i »Gemini« vraćale su se s kruženja oko Zemlje u atmosferu brzinom od 5,5 km/sek, a »Apollo« s Mjeseca brzinom od 11 km/sek. Dno se kapsule od trenja usije na oko 2700°C. Radi zaštite obloženo je oko 6,5 cm debelim slojevima od ablativnih materijala, koji se tale, otkidaju i apsorbiraju visoku toplinu



Desno: van Allenovi radijacijski pojasi sastavljeni su od zgusnutih atomskih čestica visoke energije, što ih je uhvatilo magnetsko polje Zemlje. U vanjskom su pojasu elektroni, koji dolaze od Sunca, a unutrašnja se zona sastoji od protona i elektrona nastalih sudarom kozmičkih zraka s jezgrama dušika i kisika u gornjem sloju atmosfere, pri čemu nastaje prodorno radioaktivno zračenje



Magnetsko polje oko nekog nebeskog tijela naziva se magnetosfera. I Zemlja ima svoju magnetosferu. Kad ne bi bilo vanjskih utjecaja iz svemira, magnetsko polje Zemlje imalo bi oblik kugle. Umjetni sateliti su otkrili da Sunčev vjetar izobličuje Zemljinu magnetosferu. On udara u onu polutku, koja je okrenuta prema Suncu. Stoga je ona zbijenija i manja, a na njezinoj se prednjoj ubočenoj površini stvara kao neki štit. Međutim, stražnja je polutka Zemljine magnetosfere veća i izdužena, kao da ju je Sunčev vjetar otpuhao. Magnetosfera otklanja čestice Sunčevog vjetra od sebe na sve strane u svemir. Ona je neka vrsta štitnog oklopa oko Zemlje



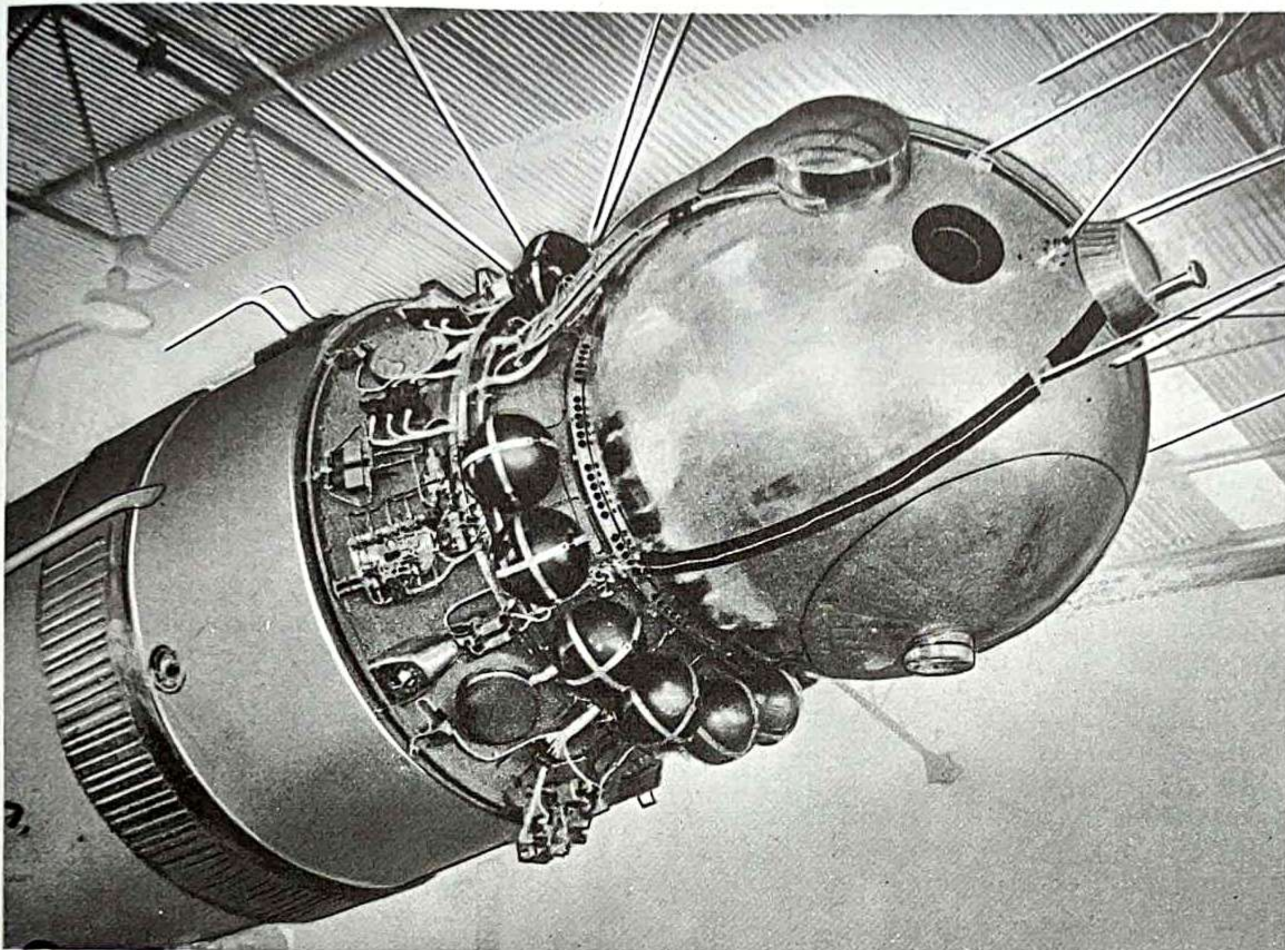
Razlikuju se dva van Allenova pojasa radijacije s ponešto različitim osobinama. Njihova se zajednička os podudara s osi Zemlje. Unutrašnji pojas se nalazi na 1000 do 2000 km, a vanjski se prostire do oko 60 000 km od Zemlje. Međutim, najnovija mjerenja sve više ističu da je to možda samo jedan pojas koji je ponekad debeo, a katkada tanak.

Zračenja su u van Allenovim pojasima znatno jača. Zbog toga se pomišljalo da se na svemirska putovanja izlazi iz njih kroz polarne otvore. Poslije se pokazalo da se može prolaziti i kroz njih, ali velikom brzinom. Međutim, za kruženja kapsulom oko Zemlje na daljini od nekoliko stotina kilometara, van Allenovi pojasi su korisni jer upijaju najveći dio protona što ih izbacuje Sunce za erupcija u smjeru Zemlje i tako štite umjetne satelite od opasnih zračenja. Ona su ispod njih manja čak nego i u polarnim otvorima na istoj visini. Van Allenovi pojasi, dakle, brane prostor oko Zemlje od zračenja kao dobri štitovi.

Proučavanje povreda pokazuje da djelovanje ionskih zračenja ovisi o jačini zraka i od količine zračenja koja su ozračila čovječje tijelo. Pitanje je mogu li se astronauti zaštititi od takve opasnosti nekim oklopom? Vrsta i debljina oklopa zavise od vrste i jačine zraka. Protiv elektrona dovoljno štiti i lim od lakih legura, debeo nekoliko mm, ali od protona treba se obraniti debelim oklopom od vodikovih spojeva. Pri tom treba dobro paziti da se ne izabere nepogodna vrsta oklopa, kako primarne zrake velike jakosti, koje prolaze kroz ljudsko tijelo a da ne zadaju nikakvih povreda, ne bi stvorile mnogo opasnija sekundarna zračenja iz oklopa. Na životinjama koje su u umjetnim satelitima prošle kroz van Allenove pojase nisu zamijećene nikakve posljedice, ali malim mušicama, koje se obično upotrebljavaju za eksperimetiranje, poneki su se potomci izlegli unakaženi. Astronauti Conrad i Gordon prošli su Geminijem 11 kroz unutrašnji van Allenov pojas, a mjerni instrumenti su pokazali da su ta dva astronauta primila manju količinu zraka nego drugi prije njih. Iako se opasnosti koje prijete u svemiru od različitih zračenja još istražuju, ipak veliku nadu daju daleke sonde u kojima različiti osjetljivi uređaji djeluju i više godina bez smetnji.

Meteoriti. Astronauti i njihovi svemirski brodovi ne bi mogli odoljeti udaru velikog meteorita, ali, vjerojatnoća sudara gotovo je jednako mala, kao i na Zemlji od onih meteorita koji prodru kroz atmosferu.

Sićušni se meteoriti, naprotiv, vrlo često susreću u svemiru. Na pločicama koje se izlažu na sondama i umjetnim satelitima, nalazi se na tisuće njihovih sitnih tragova. Dosadašnja iskustva pokazuju da mikrometeoriti ne probijaju ni posve tanke pločice, pa ni astronautske skafandre. Sovjetske i američke sonde stigle su na Mjesec do Marsa i Venere s posve ispravnim mjernim, fotografskim i drugim aparatima, čak ni osjetljiva zrcala nisu bila oštećena.



»Vostok 1« sastavljen od dva dijela: kapsule i čunja. U kapsuli (kugla promjera 2,3 m, mase 2400 kg) leži kozmonaut na saonici i u njoj se vraća do Zemlje. U čunju su, i oko njega, generator električne energije, uređaji za klimatizaciju, regeneraciju zraka, regulaciju topline, radio-televiziju, telemetriju, retrorakete i dr. Valjkasti je dio posljednji stupanj rakete »Sojuz«. Masa kugle s čunjom 4730 kg, s posljednjim stupnjem »Sojuza« 6170 kg, ukupna duljina 7,35 m. Na slici »Vostȯk 1« bez gornjeg čeonog konusnog okućja

SOVJETSKI PROGRAM »VOSTOK«

Imenom Vostok nazvan je sovjetski svemirski program sa svemirskim brodovima i njihovim trostepenim raketama. Prvi stepen rakete imao je u sredini jedan raketni motor, a oko njega, u vanjskim blokovima, još četiri raketna motora. Svaki je od njih stvarao potisak od 100 000 kp. Pri lansiranju palilo se istodobno svih 5 motora, ali je srednji zbog veće količine goriva izgarao 2,6 puta dulje. Međutim, kad su vanjske rakete dogorjele, one su se odbacile, a srednja je tjerala Vostok i dalje kao drugi potisni stupanj. Treći stupanj, iznad srednje drugostepene rakete, nosio je na vrhu kozmički brod Vostok. Ukupna je visina bila 38 m, najveći promjer preko stabilizatora na dnu 10,3 m, vanjski blokovi bili su visoki 19 m i široki 3 m. Srednji dio bio je visok 28 m s promjerom od 2,95 m, a treći stepen sa zaštitnim čunjem visok 10 m i s najvećim promjerom od 2,58 m.

Kozmonaut se mogao spustiti na Zemlju s kabinom, u njezinoj unutrašnjosti, ili se mogao katapultirati s naslonjačem, kad se brzina kabine na visini od oko 7000 m, pri padanju smanjila na 200 m u sek. Kozmonauti su se iz Vostoka radije katapultirali s naslonjačem. Na visini od 4000 m, naslonjač se odvojio i pao na zemlju, a kozmonaut se spuštao padobranom u nepropusnom svemirskom odijelu. Prije nego što je dodirnuo tlo, brzina je spala na samo 6 m u sek. Pod istim padobranom bila je obješena, na 18 m dugom konopu, rezervna hrana, signalni uređaji, pokriven gumeni čamac, te pustinjska i sigurnosna oprema. Na visini od 4000 m otvorio se mali kočni padobran kabine, a na 2000 m i glavni padobran za prizemljenje, tako da je i kapsula pala na zemlju, polagano bez oštećenja. Stoga kapsula ima 3 otvora: 1. za vezu s konusom, kroz 2. izbacuje se kozmonaut, a kroz 3. padobran.



Prvi kozmonaut Jurij Aleksejevič Gagarin, letio 12. IV 1961.

Pošto su se *Sputnici 9* i *10* vratili na Zemlju točno po programu, lansiran je 12. IV 1961. *Vostok 1* u kojem je prvi sovjetski kozmonaut Jurij Gagarin obletio Zemlju. Amerikanci su u to doba doživljavali jedan neuspjeh za drugim. Oni su izbacili dvije kapsule Mercury. U jednoj je bio Shepard, a u drugoj Grissom, ali su oba izbačena samo uvis, a ne u putanju oko Zemlje. Međutim, 6. VIII 1961. uzletio je u Sovjetskom Savezu i *Vostok 2* s drugim astronautom Titovom.

Prema sovjetskom programu »Vostok« lansirano je u svemir ukupno šest umjetnih satelita. U svakom je bio po jedan astronaut, od toga jedna žena.

Prema američkom programu »Mercury« lansirano je također šest astronauta, ali od toga su samo četvorica izbačena u putanju oko Zemlje.

U ovoj prvoj grupi od dvanaest svemirskih letjelica (Vostok i Mercury) rekord u trajanju leta (više od 119 sati) i broju od obrta oko Zemlje (81) pripao je Valeriju Bikovskom. Od prve dvanaestorice astronauta Valentina Tereškova je bila na izvrsnom trećem mjestu.

Jurij Gagarin, prvi kozmonaut, krenuo je 12. IV 1961. u svemir na jedan let oko Zemlje u svemirskom brodu *Vostok 1* (Istok I). On je taj let izvršio za 108 minuta i prevalio 41 000 km. U perigeju bio je u visini od 181 km, a u apogeju na 327 km. Ukupna težina rakete iznosila je 4725 kg, a porivna snaga oko 600 000 kp. Nakon izvršena puta Gagarin je opisao pripreme za let i svoj put oko Zemlje.

Gagarin se rodio 9. III 1934. u selu Klušinu nedaleko Gžatska (zapadno od Moskve). Otac i majka bili su mu kolhoznici. On je svršio produžnu školu, zatim je otišao u Moskvu u školu učenika u privredi i tvornicu poljoprivrednih strojeva, gdje je radio kao ljevač. Nakon toga polazio je industrijski tehnikum u Saratovu i upisao se u aeroklub, gdje je u slobodnom vremenu učio pilotiranje. Bio je izvrstan đak, pa je primljen u Zrakoplovnu akademiju. Svršivši tu školu postao je zrakoplovni oficir i uskoro pilot-lovac. Javio se dobrovoljno za let u svemir, te je nakon mnogih ispita i izabran za kozmonauta.

Gagarin ovako opisuje svoj svemirski put: »Ušao sam u kabinu, posjeli su me u naslonjač i zatvorili su vrata. Sam s aparatima, pod umjetnom svjetlošću, osluškujem što se radi vani. Odstranili su potpornje, i sve je utihnulo... Javio sam se radio-telefonom: Zemlja! Ovdje kozmonaut. Kontroliram veze. Prekretni uređaj u polarnom položaju. Na globusu polazni položaj. U kabini tlak 1, vlaga 65%, temperatura 19°, tlak u odijelu 1,2, tlak u giro-bubnju normalan. Osjećam se dobro za uzlet...«

Na televizijskom ekranu vidjelo se Gagarinovo lice. Bilo je spokojno: promatrao je instrumente. Odjeknula je zapovijed: »Uzlet!«

»Začuo se zvižduk, i sve jače je tutnjilo. Osjećao sam kako se moj gorostasni brod uzdiže i polagano odvaja od platforme. Tutnjava ipak nije bila jača nego u mlaznom avionu... Osjetio sam kako me golema sila sve jače pritiskuje u naslonjač. Jedva sam mogao pomicati ruke i noge. Znao sam da će pritiskivanje biti sve jače, ali da će prestati kad kabina uđe u putanju. Sa Zemlje su mi javili da je prošlo 70 sekundi od uzleta. Odgovorio sam: 'Razumijem, sedamdeset. Osjećam se izvrsno. Pritisak još raste. Sve je u redu'... Sa Zemljom sam održavao vezu s pomoću tri radio-kanala. Glasove prijatelja sam čuo kao da su pokraj mene. Pošto je raketa prošla gušći sloj atmosfere, odvojio se čeoni krović i odletio u stranu. Kroz okno sam ugledao daleku Zemljinu površinu. Pritisak se još povećava, ali se već privikavam; na pokusnoj centrifugi je bilo znatno jače. Ni potresi nisu onakvi kao na vibratoru. Vrag ipak nije crn kao što ga slikaju... Kako se trošilo gorivo, tako su se pojedini stepeni rakete sami odvajali. Odvojio se i posljednji stepen... Kabina je ušla u putanju. Nastalo je bestežinsko stanje posve neprimjetno tako da mu nisam zamijetio početak. Doista sam se neobično osjećao, ali samo u početku; uskoro sam se i na to privikao. Sad je već bilo mnogo ugodnije. Sve je oko

mene lako. Kao da nisu moje ni ruke, ni noge, ni čitavo tijelo. Ne sjedim i ne ležim, nego lebdim u kabini. Lebde i svi nepričvršćeni predmeti: pločica, olovka i bilježnica. Čini mi se da sanjam. Kapljice što su iscurile iz jedne cijevi sad su mjehurići i gibaju se prostorijom, a kad dotaknu zidove prilijepe se uz njih kao rosa uz cvijeće. Ni najmanje se ne osjećam oslabljenim. Nije mi se promijenila ni sposobnost za rad. Motrio sam instrumente i svemirski prostor kroz okno. Pisao sam dnevnik bez teškoća u rukavicama i u svemirskom odijelu. Na časak sam zaboravio gdje se nalazim i položio sam olovku preda se. Ona je odmah odletjela, i nisam je mogao uhvatiti. Govorio sam glasno o svemu što sam opažao, a magnetofon je sve bilježio.«

»Sa zemlje su me pitali što vidim. Jasno se razabiru planine, velike rijeke, prostrane šume, otoci kao mrlje i razvedene morske obale kao čipke. Vidio sam oblake i njihove sjene na dragoj Zemlji... Posve crno nebo posuto je zrnjem zvijezda koje sjaje i blistaju kao da su tek olaštene. Sunce je neobično blještavo; ne može se u nj gledati ni kad se zažmiri. Da se zaštitim, zatvorio sam okno žaluzijom. Dobro se zamjećivao kuglast oblik Zemlje. Obzor je bio oštra međa između svijetle zemaljske površine i posve crna neba, crna kao ugljen. Divio sam se šarenilu boja na Zemlji. Okružena je blijedo plavim obručem, koji je postepeno postajao sve tamniji, modar, ljubičast i napokon prelazio u crnilo. Čujem glazbu. Sa Zemlje emitiraju moju omiljenu pjesmu...«

»Kao što je Vostok kružio oko Zemlje, u kabini se okretao globus, a jedna je kazaljka pokazivala kako se okreće svemirski brod, pa sam ustanovio da se Vostok giba točno po određenoj putanji i da ću uskoro ući u tamni dio našega planeta još neosvijetljena Suncem. U sjenu sam ušao posve iznenada i naglo. Za tren se sve zamračilo. Zacijelo sam letio povrh oceana jer se nije vidjelo ništa, ni zlaćana maglica osvijetljenih gradova. Sa Zemlje su uključili automatski usmjerivač kabine. Čim je Vostok izronio iz noćne tame, on se sam okrenuo prema Suncu. Letio sam povrh rta Horna, najjužnijeg rta Južne Amerike. Izvijestio sam kontrolnu postaju na kozmodromu: 'Letim normalno, osjećam se dobro, a aparati rade pouzdano.' Pogledao sam grafikon. Vostok juri brzinom od 28 000 km na sat.«

»U letu nisam osjećao gladi ni žeđi, ali sam morao jesti i piti u određeno vrijeme. Jeo sam hranu koja je pripremljena po receptima Akademije medicinskih znanosti, ali nisam smio širom otvoriti usne da mi hrana ne pobjegne iz usta. Instrumenti na mom tijelu pretvarali su kucanje srca, gibanje grudnog koša i kolanje krvi u električne signale, koje su primali liječnici na Zemlji. Oni su znali o mom fizičkom stanju više nego ja.«

»Inženjeri su na Zemlji upravljali složenim mehanizmima, a u tom su im pomagali različni automati i računski elektronski strojevi. Oni su upravljali ručicama i polugama i silili raketu da se kreće utvrđenim smjerom, ugađali su brzinu izgaranja goriva u raketama, odbacivali su izgorjele raketne stupnjeve. Automati su u kabini održavali umjerenu temperaturu i ugodnu vlažnost; usmjerivali su kabinu u određen pravac, održavali mjerne instrumente u pogonu i rješavali neke veoma složene zadatke. Ali u kabini je bio i uređaj za ručno upravljanje. Trebalo je samo prebaciti uklopnicu, i upravljanje bih mogao preuzeti u svoje ruke. Motreći aparate oko sebe sjetio sam se svih stručnjaka koji su sagradili ovako savršen svemirski brod. Od srca želim svima, u laboratorijima i tvornicama, stisnuti ruku i zahvaliti im. Najljepši je od svega na Zemlji čovjek kad radi.«

»Približavao sam se Africi, i automati su primili zapovijed sa Zemlje da se svi aparati u kabini pripreme za usporavanje brzine. Počeo je posljednji dio leta — spuštanje — zacijelo složeniji od uzlijetanja. Očekivao me prijelaz iz bestežinskog stanja u možda još jači pritisak i opasno ugrijavanje vanjskog oklopa pri prolasku kroz guste slojeve atmosfere. Kako će biti sada? Hoće li svi aparati raditi ispravno? Očekuje li me kakva nepredviđena opasnost? Pouzdajem se u tehnička sredstva, ali sam ipak odredio položaj i pripremio se za upravljanje kako bih se u slučaju potrebe mogao spustiti na Zemlju ondje gdje sam izaberem.«

»Kursni automati su Sunčeva sistema. Oni su upereni prema Suncu i održavaju kabinu pod određenim usmjernim kutom prema Suncu, a retrorakete su okrenute uvijek u smjeru kojim brod leti. U 10,25 sati automati su uključili retrorakete. Nakon golema uzlijetanja započelo

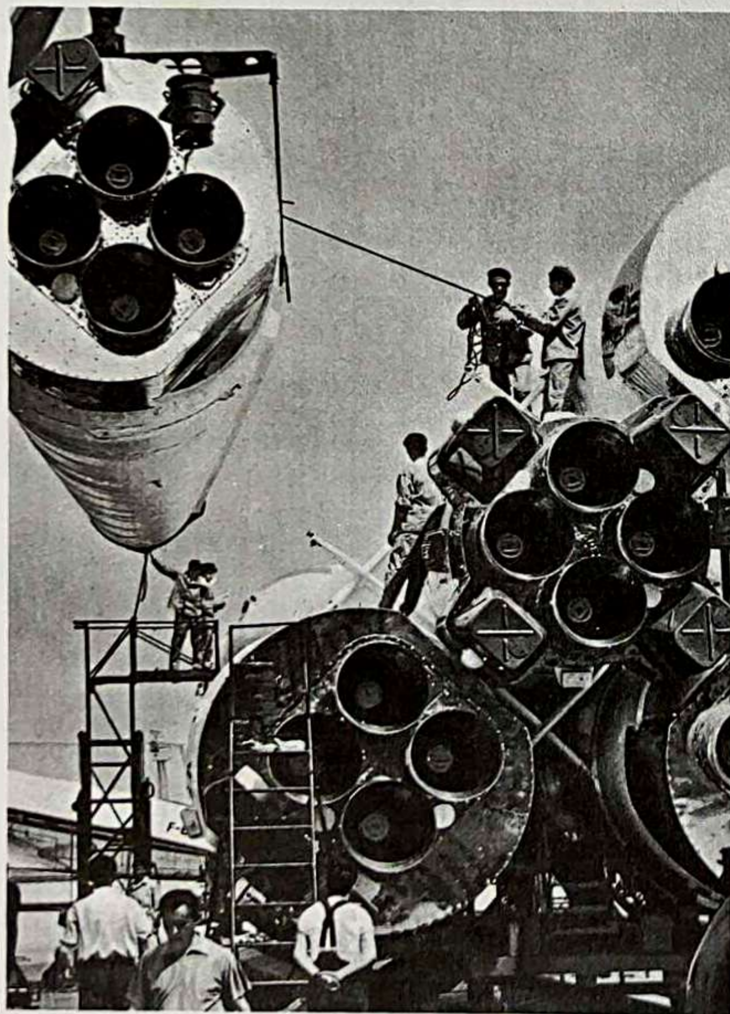
Pokusni model sovjetske letjelice »Vostok«. Kapsula je u čunjastom okućju. Valjak je treći stupanj rakete nosilice



je sad slično slijetanje. Brzina se smanjivala, i prešao sam iz eliptične putanje u spiralu. Ulazio sam u sve gušće slojeve atmosfere, a vanjski se oklop brzo grijao. Kroz žaluzije na oknu promatrao sam žućkastorumeni odsjev plamena koji je bjesnio oko kabine. U njoj je i dalje vladala temperatura od 20° iako je Vostok jurio u vrtlogu plamena ružičasta sjaja. Od nagla usporavanja opet me pritiskivala neka strahovita sila u naslonjač. Pritisak je bio sve snažniji i mnogo jači nego pri uzlijetanju. Uznemirio sam se jer se kabina počela lagano okretati u vrtlogu žarka ognja. O tom sam odmah obavijestio kontrolnu postaju na Zemlji, i okretanje je prestalo. Otad sam se spuštao pravilno. Svi su aparati izvrsno radili, a kapsula je pravilno slijetala. Od radosti sam zapjevao.«

»Visina se naglo smanjivala. Pošto sam se osvjedočio da će se kabina sretno spustiti, pripremio sam se za slijetanje. Visinomjer je pokazivao 10 000 m, 9000, 8000, 7000. Ispod okna je zablistala srebrna zmijolika pruga Volge.«

Sovjetska raketa nosilica ima srednji blok od četiri rakete i oko njega 4 bloka od 4 rakete. Ukupni je potisak 510 000 kp. Srednji blok gorio je 2,5 puta dulje, kao drugi stupanj rakete nosilice



German Titov. Poslije pet mjeseci uzletio je German Titov, drugi sovjetski kozmonaut, svemirskim brodom *Vostok 2* koji je težio 4731 kg. On je za 25 sati i 18 min. obletio Zemlju 17 puta. Jedno je kruženje po elipsi s perigejom od 178 km i apogejom od 244 km trajalo 88,6 min. Nagib eliptične putanje prema ekvatoru bio je 65°. Titov je uspješno upravljao brodom, vršio mnoga mjerenja, razgovarao preko radija s ljudima na Dalekom istoku i slao poruke ljudima u Africi i Americi.

Titov je za bestežinskog stanja osjećao smetnje. Takvo stanje djeluje na otolite, male kuglice u šupljini unutrašnjeg uha, ispunjenog tekućinom. Otoliti se pri promjeni nagiba glave premještaju i uzbuđuju čas jednu čas drugu skupinu osjetljivih živaca u stijenkama unutrašnjeg uha, a živci te nadražaje prenose u mozak. U bestežinskom stanju i otoliti gube težinu, pa ne mogu pravilno predavati mozgu podatke o nagibu i stoga ne pomažu astronautu pri orijentaciji u prostoru. Titov je spavao 7½ sati, ali jednom se usred sna probudio jer su mu se ruke podigle i stajale uspravno u zraku. Gurnuo je ruke ispod ramena i tako je spavao dalje. Pri spavanju u bestežinskom stanju nije potrebno okretati se jer ne trnu ni ruke ni noge. Poslije spavanja bio je odmoren, pa više nije osjećao ni smetnje pri orijentaciji.

Primicao se kraj leta, i trebalo je pripremiti se za slijetanje. Zatražio je još nekoliko savjeta i sa Zemlje je dobio odmah odgovore. Javili su mu neka samo radi kao što je dosad radio na vježbama, i sve će biti dobro. Također su ga obavijestili da će se za 10 sekundi upaliti retrorakete. Doista, brzina se uskoro počela smanjivati, a zaštitni oklop Vostoka 2 počeo se sjajiti. Titov nije spustio žaluzije kako bi mogao pratiti što se vani događa. Nježno ružičasto svjetlo postajalo je sve tamnije, crvenkasto, crveno, purpurno i pretvorilo se u ljubičast žar. U kabini je temperatura i dalje iznosila 22°. Vani je oko kabine sukljao plamen najčudesnijih boja, prekrasan i strašan. Počela su polako žutjeti i stakla na oknu, ali ipak nije prijetila nikakva opasnost, jer su ona bila otporna protiv vatre.

Titov odluči, jednako kao i Gagarin, da se spušta odvojeno izvan Vostoka 2. Na visini od 3000 m izbačen je iz kabine i spustio se svojim šarenim padobranom blizu željezničke pruge. S druge strane pruge spustio se padobranom Vostok 2.

Andrijan Nikolaev i **Pavel Popovič.** U SSSR-u uzletio je 11. VII 1962. kozmonaut *Andrijan Nikolaev* (Nikolajev) svemirskim brodom *Vostok 3*, a sutradan *Pavel Popovič* brodom *Vostok 4* od 4850 kg. Nikolaev je obletio Zemlju 62,5 puta i prevalio 2,5 milijuna km, a Popovič 48,5 puta i

prevalio 2 milijuna km. Tim su pokusom ispitane mogućnosti manevriranja svemirskim brodovima u letu i održavanje veze između njih. Oba su se broda sretno spustila na Zemlju u određenom predjelu.

Valerij Bikovski, peti sovjetski kozmonaut, uzletio je iz sovjetskog kozmodroma Bajkonur 14. VI 1963. svemirskim brodom *Vostok 5*. Svrha je njegovog leta bila da nastavi proučavanje kako djeluju različiti utjecaji kozmičkog leta na ljudski organizam pri uzlijetanju i dugotrajnom letu u bestežinskom prostoru; da prouči što bi još trebalo uraditi da se usavrše uređaji za pilotiranje i za održavanje veze sa Zemljom i s drugim svemirskim brodom. Vostok 5 doveden je na putanju koja se gotovo točno podudarala s unaprijed proračunatom stazom. Brod je kružio takvom brzinom da je jedan krug oko Zemlje prelazio za 88,2 min. Najmanja mu je udaljenost od Zemlje bila 173 km, a najveća 219 km. Potkraj prvog kruga, kad je nadlijetao Afriku, poslao je pozdrav afričkim narodima. Za drugog kruga pozdravio je sovjetske drugove. Televizija je prenosila snimke iz svemirskog broda. Za četvrtog kruga razgovarao je telefonom s premijerom Hruščovom.

U prva 24 sata Bikovski je 16 puta obletio Zemlju. Drugog dana prikazan je gledaocima televizije iz različitih uglova. Jasno su se vidjele kamere koje su snimale njegove pokrete u kabini. U jednom od krugova sam je upravljao brodom u kojemu su vladale normalne prilike: tlak 776 mm, vlaga 40—65% i temperatura 20°C. Bikovski je mogao ugađati temperaturu po volji između 12 i 20°. Telemetrijske poruke su pokazivale da mu je bilo kucalo sa 65 otkucaja, a disao je sa 17,2 udisaja u min. U 18. krugu prikazan je kozmonaut kako ustaje s naslonjača, razgovara sa Zemljom i sluša pitanja; ponovno je sjeo, a prema njemu su plovili različiti predmeti u bestežinskom stanju.

Moskovska televizija prekinula je 16. VI u 13 sati emisiju i iza tamnog zaslona začuo se spikerov glas: Pažnja, pažnja... prekidamo emisiju... uključujemo vas s kozmosom. Na zaslonu se pojavilo nepoznato lice nekog kozmonauta. Spiker je šutio, a kozmonaut se smiješio. Poslije nekoliko sekundi spiker je uzbuđeno objavio: »Na putovanju oko Zemlje nalazi se kozmički brod *Vostok 6* kojim upravlja prva žena kozmonaut Valentina Vladimirovna Tereškova (Terješkova).« — Njezino se lice uskoro izgubilo sa zaslona.

Valentina Tereškova upućena je brodom *Vostok 6* u svemir 16. VI 1963. dok je još Vostok 5 kružio oko Zemlje. Putanje obaju brodova bile su nagnute prema ekvatoru za 65°. Prva žena



Prva žena kozmonaut Valentina Vladimirovna Tereškova

u svemiru obilazila je Zemlju za 83,3 min. Uspostavljena je odmah veza između oba broda i Zemlje.

Idućeg dana u 15 sati Bikovski je navršio tri dana i tri noći leta i napravio 49 krugova, preletjevši više od 2 milijuna km. Istodobno je Tereškova letjela 26 sati i izvršila 19 krugova oko Zemlje. Parametri kozmičkih brodova bili su u tom trenutku: Vostok 5. perigej 165 km, apogej 211, period obrtanja 88 min; Vostok 6, perigej 177 km, apogej 225 km, period obrtanja 88,2 min.

U letu brodovi su se približili na razmak od samo 5 km! Oba su se kozmonauta poslije podne javili Zemlji i naglasili da se osjećaju izvrsno te da imaju dobar let. Aparati su pokazivali da Tereškova izvrsno podnosi sve napore. Uvjeti su u kabinama bili normalni.

Kad se u službenom izvještaju kaže da su uvjeti u brodu normalni, treba imati na umu da se oni sastoje od više elemenata. Kisik za disanje u kabinama se dobiva iz čeličnih boca, a ispuštaju ga prema potrebi osobiti automati. U brodu su posebne kemijske patrone koje upijaju ugljični dioksid što ga izdiše kozmonaut. U budućnosti,

kada će se kozmičkim brodovima dugo putovati, upotrijebit će se za obnavljanje kisika prirodno biološko kruženje. U kabini će se prevoziti biljke koje će upijati ugljični dioksid i oslobađati kisik, a kozmonaut će, obratno, udisati oslobođen kisik, a izdisati ugljični dioksid. Biljka i čovjek međusobno će se održavati.

Temperaturu reguliraju automati. Kabina je s vanjske strane u dodiru sa svemirskom hladnoćom; zbog toga griju zidove iznutra osobiti aparati. Kozmonaut ima spravu kojom može povisivati ili snizivati temperaturu tako da je redovito održava između 18° i 20°. Prednji zid kabine dobro je izoliran od vrućine koja se stvara kad se brod na povratku probija kroz sve gušće slojeve atmosfere. U kabini je važno regulirati i vlažnost zraka, jer kad to ne bi uspjelo, astronaut bi se neugodno osjećao. U nepropusno zatvorenoj kabini moraju vladati normalni uvjeti svjetlosti i zvuka. Kako se zvuk ne širi svemirskom prazninom, trebalo je umjetno stvoriti uvjete za širenje zvuka. U budućim svemirskim stanicama morat će se stvoriti i umjetna sila teža s pomoću centrifugalne sile.

Za let Valentine Tereškove vladalo je u svijetu veliko zanimanje jer su se svi pitali kako će podnijeti sve tegobe kozmičkog leta organizam i duh žene, to više što je ona letjela duže od većine kozmonauta muškaraca. Međutim, Valentina je sve dobro izdržala i spustila se na Zemlju posve zdrava oko 620 km sjeveroistočno od grada Karagande, pošto je za 70 sati i 44 min, u 48 krugova oko Zemlje prevalila 1 970 990 km.

Bikovski se spustio poslije tri sata na istom mjestu, pošto je 81 put obletio Zemlju i dostigao rekord u trajanju leta od 118 sati i 56 min, te u prevaljenom putu od 3 325 957 km.

Letom Tereškove i Bikovskog završeni su letovi sovjetskog programa Vostok.

AMERIČKI PROGRAM »MERCURY«

Prvi američki program za let čovjeka u svemir nazvan je po svemirskim brodovima Mercury (Merkjuri = Merkur). Bili su to relativno mali svemirski brodovi jednosjedi. Težili su 1220 do 1830 kg, a izbacivali su se u početku raketama *Redstone*, a poslije raketama Atlas. Kapsula Mercury imala je čunjast oblik sa zaobljenim dnom, na kojem se nalazio protutoplotni sloj, koji je štitio kapsulu da se ne ugrije pri povratnom ulasku u atmosferu. Raketa Atlas s Mercuryjem bila je visoka 29 m, s promjerom od 3,05 m. Imala je tri raketna motora s ukupnim potiskom od 172 000 kp. Atlas s Mercuryjem težio je 113 400 kg.



Alan Shepard. U SAD su prije leta u svemir izvršena dva pokusa s kapsulama u kojima su bili kozmonauti. Prvi je iz raketnog uzletišta Cape Canaveral uzletio u kapsuli *Mercury* 5. V 1961. kapetan korvete Alan B. Shepard (Alen Šepard). Kapsula je dosegla visinu od 184 km. U desetoj minuti leta po balističkoj putanji počelo je usporavanje. Na visini od 2500 m otvorio se padobran i spustio kapsulu na površinu Atlanskog oceana. Poslije 4 min doletio je helikopter, koji ju je digao iz mora i spustio na palubu nosača aviona. Shepard je izišao iz kapsule u moru.

Lijevo: kapsula »Mercury« s tornjićem za spasavanje. Ako ne uspije lansiranje rakete nosilice, upale se 3 rakete na vrhu. One podignu tornjić, a kapsula se zatim lagano spusti na zemlju padobranom

Desno: kapsula »Mercury« na povratku ulazi u atmosferu okrenuta širokom osnovicom prema naprijed. I astronaut je okrenut leđima u smjeru vožnje, jer tako lakše podnosi jako usporavanje. Od silnog zračnog trenja termički izolator gori, slojevi se otkidaju, odnose žar, a plameni jezici ližu i zaostaju kao vatrena brazda

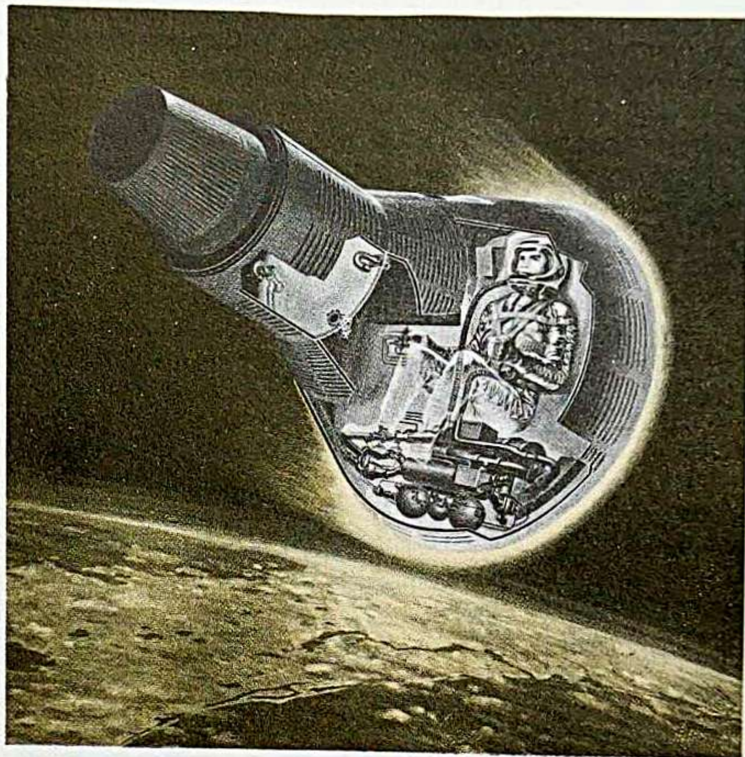
Virgil Grissom. Poslije dva mjeseca izvršen je drugi pokus izbacivanja kapsule u egzosferu i vraćanja na Zemlju. Kapetan fregate Virgil Grissom (Virdžil Grisom) spustio se na sličan način, ali kako je kapsulu u moru prerano otvorio, napunila se ona vodom i potonula prije nego su je mogli dohvatiti. Grissom je na vrijeme izišao iz kapsule i plivao je dok ga nisu izvukli iz mora.

Nakon toga pokusa upućena je kapsula *Mercury 4* u kojoj su bili majmuni. Ona je obletjela Zemlju na visini od 161 km do 255 km i nakon 109 min. vratila se na površinu Atlantika. Na tom kruženju ispitivali su se automati u kabini i veza sa Zemljom.

U kapsuli *Mercury 5*, koja je izbačena 29. XI 1961, obletjela je dva puta Zemlju čimpanza Enos. Ona se u kapsuli sretno spustila na površinu Atlantika. Radovala se kad su je liječnici nakon leta proučavali i pregledavali, ali nije htjela ponovno sjesti u naslonjač da je novinari fotografiraju. Zacijelo joj se naslonjač zamjerio.

John Glenn. U kapsuli *Mercury 6* uzletio je 20. II 1962. prvi američki astronaut pukovnik John Glenn. Njegova je kapsula kao i ostale toga tipa imala visok tornjić za spasavanje. U slučaju da matična raketa Atlas nepravilno krene, kapsula se automatski odvaja od rakete i u istom se trenutku na vrhu tornjića upale tri male pomoćne rakete koje podignu kapsulu dovoljno visoko da se može otvoriti padobran i spustiti je sigurno na Zemlju, odnosno na more.

Glenn je uzletio iz Cape Canaverala, a 5 min. poslije uzleta ušao je u putanju kruženja oko Zemlje. Iznad zapadne Afrike jeo je iz tuba i pio iz boce s gumenom dudom. Tada je ušao u Zemljinu sjenu i motrio svjetla iz grada Pertha i Woomere (Vumere) u Australiji. Tu je dosegao apogej od 261 km. Pri izlasku Sunca vidio je na tisuće sitnih tajanstvenih čestica koje su blistale i kretale se pokraj kapsule. Uskoro je zatim prešao preko Havajskih otoka, ali tada se kapsula počela ljuljati. Dvanaest pomoćnih raketica za smirivanje ljuljanja, posrtanja i okretanja kapsule nije dobro funkcioniralo. Glenn je odmah preuzeo ručno upravljanje i smirivanje kapsule, ali je time izbjegao tek prvu neugodnost. U trenutku kad je završio prvi krug i prelazio meridijan Cape Canaverala, kontrolna stanica na Zemlji primila je signal kako termičkom izolatoru



od glucinija prijeti opasnost da se odvoji od dna kapsule. Ako taj izolator otpadne prije ili za vrijeme ulaska u guste slojeve atmosfere, Glenn će u istom trenutku izgorjeti. Čitav štab stručnjaka proživljavao je nekoliko uzbudljivih trenutaka. Napokon je nakon savjetovanja odlučeno da se retrorakete ne izbace pošto izgori u njima gorivo. Stručnjaci NAS-e su se nadali da će čelični obruči koji su držali te rakete pridržati i izolatorski zaslon. Svi će ti obruči, doduše, izgorjeti, ali je bilo nade da će zrak dotad postati već tako gust te će pritiskivati zaslon uz kapsulu. Glenn je poslušao savjet sa Zemlje i izvršio taj manevar nadljudskom hladnokrvnošću. Nakon toga dogodila se treća neugodnost. Iznad Atlantskog oceana Sunce je kroz okno pretjerano ugrijalo unutrašnjost kapsule, ali, na sreću, kapsula je uskoro ušla u Zemljinu sjenu, u noć.

Potkraj drugoga kruga Glenn je ručnim upravljanjem okrenuo kapsulu za 180° kako bi pri izlasku Sunca mogao fotografirati tajanstvene blistave čestice koje su pratile kapsulu. I taj je zadatak dobro izvršio. Pri kraju trećeg kruga

provjerio je stanje izolatorskog zaslona i ustanovio da se još drži. Malo prije nego što je stigao do pacifičke obale Amerike Glenn je na znak sa Zemlje sam upalio retrorakete koje su usporavale gibanje kapsule. Na visini od 2500 m otvorio se padobran, i kapsula se spustila u more blizu Kube. Izvađena je iz mora poslije 18 minuta, jer su je na tom mjestu čekali razarači i jedan nosač aviona.

Scott Carpenter. Tri mjeseca poslije Glenna obletio je Zemlju drugi američki astronaut Scott Carpenter (Skot Karpenter). On je uzletio 24. V 1962. u kapsuli *Mercury 7* od 1335 kg težine. Izvršio je tri kruga i uspješno se spustio na površinu Atlantskog oceana.

Walter Schirra. Treći američki kozmonaut Walter Schirra (Šira) uzletio je u kapsuli *Mercury M8* iz Cape Canaverala 3. X 1962. Obletio je Zemlju šest puta, prevalio 270 000 km i uspješno se spustio na površinu Tihog oceana blizu otoka Midway (Midvej).

Leroy Gordon Cooper uzletio je 15. V 1963. u kapsuli *Mercury M9*. Cooper (Kuper) je za 34 sata i 20 min obletio Zemlju 22 puta i prevalio oko milijun km. U kapsuli je imao televizijsku kameru kojom je snimao ono što je vidio i predavao snimke na Zemlju.

Cooper je uzletio u Cape Canaveralu. Poslije 2 min. otpao je prvi stupanj rakete (Atlas). Nakon pet minuta otpao je drugi stupanj. Kapsula je dospjela na visinu od 160 km, uputila se predviđenom stazom oko Zemlje. Poslije svakog okreta Cooper je javljao da je sve u redu. Astronaut Schirra dao mu je sa Zemlje »slobodan prolaz« za drugi krug. Za treći okret dao mu je dozvolu astronaut Grissom kad je Cooper preletio Meksiko. Ako bude sve u redu, dobit će nalog za idućih sedam okreta. Ako i tada bude sve teklo bez smetnji, kružit će oko Zemlje sve do 22 okreta.

Međutim, tri sata prije vremena za spuštanje upalila se kontrolna žaruljica koja je dala znak da je u automatu za usporavanje nastao kratak spoj. Cooper je odmah zatražio savjet sa Zemlje. Upute mu je davao John Glenn, koji je na brodu Quebec (Kvibek) stražario južno od Japana. On je kontrolirao sve Cooperove radnje. Cooper i Glenn su se dogovarali u dobru raspoloženju. Sve je išlo u redu. Cooper je ručno upalio retrorakete za usporavanje brzine iznad Kine. Kapsuli, koja je jurila brzinom od 28 000 km na sat, počela se smanjivati brzina. Tada je, kao obično, zbog ionizacije nastao prekid radio-veze, ali se Cooper uskoro ponovno javio, a i nosač aviona Kearsarge (Kirserdž) ga je otkrio na radaru. Poslije nekoliko sekundi ugledali su kapsulu i mornari koji su je sa svih brodova tražili. Glavni padobran se otvorio povrh kapsule minutu prije nego što je zapljusnula u moru. Do nje su dojurili motorni čamci, koji su je opasali gumenim obručem da ne potone. Nakon toga čitava je kapsula dignuta na palubu nosača aviona i tek tu je oprezno otvorena. Cooper je izišao veoma umoran, ali živ i zdrav.

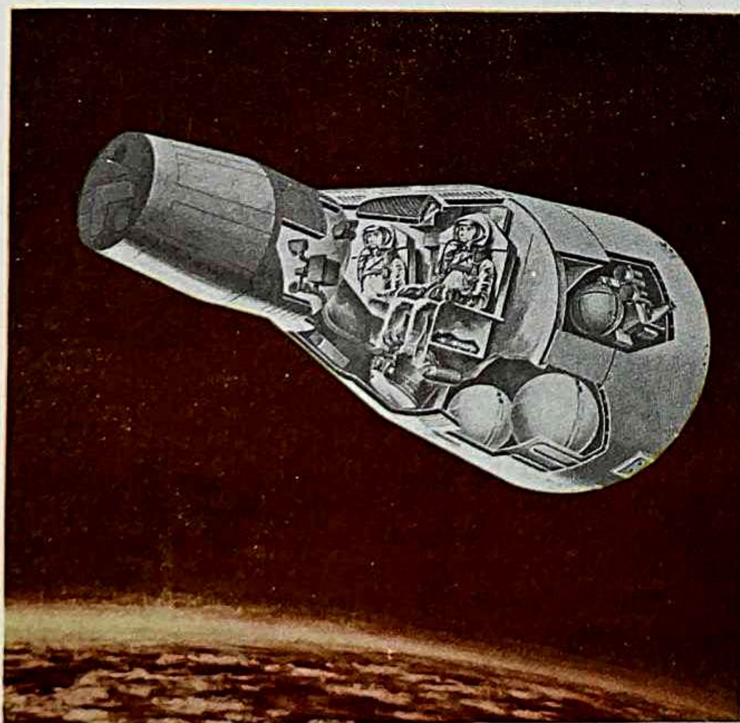
To je bio posljednji let američkog programa Mercury.

AMERIČKI PROGRAM »GEMINI«

Cilj je tog američkog programa bio da se ispitaju svojstva svemirskih brodova *Gemini* (Džemini = blizanci), da se iskušaju izdržljivosti kapsula pri lansiranju, manevarske sposobnosti u svemiru i toplotna zaštita pri povratnom ulasku u atmosferu. Trebalo je ispitati i koliko astronauti mogu izdržati u bestežinskom stanju, mogu li bez pogibelji izići iz kapsule, obavljati neke radove i prijeći svemirskim prostorom od jedne do druge letjelice. Konačno, trebalo je ispitati mogu li se dvije letjelice bez opasnosti posve točno približiti, međusobno spojiti i opet rastaviti. Bio je to, dakle, drugi stupanj priprema za put na Mjesec.

Gemini 1 uzletio je 8. IV 1964. Bio je to prvi pokusni let tom vrstom broda, ali bez posade. Pošto je sve proteklo prema programu, odlučeno je da se iduće godine lansira drugi brod, a uskoro za njim i treći s posadom.

Gemini 2 uzletio je 18. I 1965. bez posade. Glavni je cilj bio da se ispita toplotna zaštita pri povratnom ulasku u atmosferu.



Svemirski brod »Gemini« (2 člana posade, dug 5,7 m, promjer dna 2,8 m, masa 3500 kg) nije imao tornjića za spasavanje, jer su se, u slučaju opasnosti, astronauti s ležištima mogli katapultirati iz broda kroz otvor u zidu i spustiti se na Zemlju padobranima



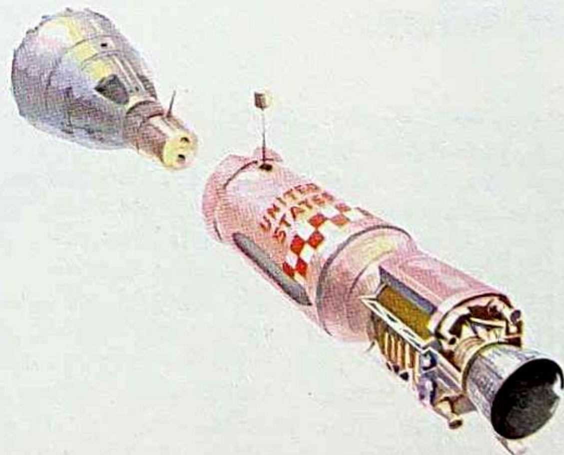
i *Charles Conrad* (Čerls Konrad) nadmašili dotadašnji rekord Bikovskog u Vostoku 5. Cooper je bio prvi čovjek drugi put u svemiru (prvi put u Mercury 9). Gemini 5 prevalio je 5 531 752 km i dostigao visinu od 346 km.

Gemini 7 (3289 kg) produljio je rekord u trajanju leta i prevaljenom putu. Obletio je Zemlju 206 puta i prevalio 9 195 756 km. *Frank Borman* (Frenk Bormen) i *James Lovell* (Džems Lavel) dokazali su da se u svemiru može živjeti dva tjedna; više nego što se očekivalo.

Gemini 6A (3606 kg). Lansiranje je dva puta odgađano zbog smetnji. Uzletio je 15. XII 1965, dok je Gemini 7 još kružio oko Zemlje. *Walter Schirra* i *Thomas Stafford* iskoristili su kruženje Geminija 7 i svoju letjelicu doveli na kružnu putanju na većoj visini, a zatim su kružili iza Geminija 7 i približili mu se na samo 30 cm. Izvršili su prvi sastanak u svemiru.

Malcolm Scott Carpenter u odori programa »Mercury«. Skafandri su se za kasnije letove još usavršavali

Dolje: približavanje kapsule »Gemini 8« letjelici »Agena«



Gemini 3 (težak 3225 kg) prvi je svemirski brod kojim je započeo niz astronautskih letova programa Gemini s posadom od dva člana. Gemini 3 uzletio je 23. III 1965. Zapovjednik *Virgil Grissom* (Virdžil) i pilot *John Young* (Džon Jang) obletjeli su 3 puta Zemlju za 4 sata i 53 min i prvi put prešli brodom iz jedne putanje u drugu. Prevalili su 129 000 km i dostigli visinu od 224 km. Na tom je letu ustanovljeno da se svemirskim brodom može izvrsno upravljati.

Gemini 4 (3566 kg) obletio je Zemlju 62 puta, za 97 sati i 56 min. *James McDivitt* (Džems Mekdivit) i *Edward White* (Vajt) ispitivali su od 3. do 7. VI 1965. svojstva broda; White je 21 min proboravio izvan broda.

Gemini 5 (3606 kg) uzletio je 21. VIII 1965. i do 29. VIII obletio Zemlju 120 puta, u 7 dana, 22 sata i 56 min. Tako su *Gordon Cooper* (Kuper)

Gemini 8 (3632 kg) uzletio je 16. II 1966. i 6,5 puta obletio Zemlju. *Neil Armstrong* (Nil A.) i *David Scott* (Dejvid S.) približili su se raketi Agena (Edžina), u kojoj nije bilo posade, a koja je prije toga izbačena u svemir. Brod su spojili s Agenom (prvo spajanje). Nakon toga ih je smetnja na Geminiju 8, koji se počeo obrtati, prisilila da se odvoje i vrate na Zemlju.

Gemini 9 (3500 kg) nakon nekoliko odgađanja uzletio je 3. VI 1966. Zbog kvarova ni *Thomas Stafford* i *Eugene Cernan* (Judžin Sernan) nisu spojili brod s Agenom. Međutim, posve su se približili Ageni i snimili nekoliko zanimljivih fotografija. Cernan je proboravio izvan broda više od 2 sata. Gemini 9 obletio je Zemlju 45 puta, za 72 sata i 21 min. dostigao je visinu od 227 km i prevalio put od 1 811 20 km.

Gemini 10 (3760 kg) lansiran je 18. VII 1966. Obletio je Zemlju 43 puta, za 70 sati i 46 min. Najveća visina 760 km. Od 18. do 21. VII *John Young* i *Michael Collins* (Majkl Kolins) prevalili su 1 743 250 km, a Collins je proboravio izvan broda 28 min.

Gemini 11 (3801 kg) uzletio je 12. IX 1966. i do 15. IX obletio Zemlju 44 puta, za 71 sat i 17 min. Dostigao je najveću visinu od 1370 km. *Charles Conrad* i *Richard Gordon* (Ričard) prevalili su 1 783 000 km. Brod se uspješno spojio s letjelicom Agena-D bez posade i od nje se bez teškoća odvojio.

Gemini 12 (3500 kg) je od 11. do 15. XI 1966. obletio Zemlju 59 puta, za 94 sata i 34 min. *James Lovell* i *Edwin Aldrin* (Oldrin) prevalili su 2 648 880 km i dostigli visinu od 306 km. Aldrin je proboravio izvan broda 5 sati i 27 min. To je bila posljednja letjelica programa Gemini.



Sovjetski kozmonaut Aleksej Leonov, koji je s Pavelom Beljaevom 18 puta obletio Zemlju u »Voshodu 2«, prvi je 18. III 1965. izišao iz kapsule i boravio 10 minuta u svemiru izvan svemirskog broda

SOVJETSKI PROGRAM »VOSHOD«

Pošto su sovjetski učenjaci završili sva ispitivanja svemirskih brodova Vostok i stekli vrijedna iskustva o sposobnostima ljudi u svemiru, trebalo je izgraditi svemirske letjelice s posadom od 2 do 3 člana, koji će obavljati različite poslove za vrijeme leta. Zbog toga su stručnjaci zamislili novi projekt *Voshod* (vashod = zalaz). Novi su svemirski brodovi bili izrađeni za posadu od 3 kozmonauta i uređeni da se u svemiru može izlaziti iz njih. Najveća je novost bio dodatni raketni sistem za meko prizemljivanje, jer se posada Voshoda vraćala na zemlju u kabini. Raketni motori za kočenje i za meko prizemljivanje bili su udvostručeni. Voshod je bio opremljen za spuštanje na kopno i na more.

Voshod 1 (težina 5320 kg) uzletio je 12. X 1964. Pilot *Vladimir Komarov*, inženjer *Konstantin Feoktistov* i liječnik *Boris Jegovor* boravili su u svemiru 24 sata i 17 min. Obletjeli su Zemlju 16 puta, na visini od 178—408 km i prevalili put od 669 784 km. Svi članovi posade letjeli su u običnim odijelima jer se pokazalo da su svemirski brodovi sigurni i nepropusni, a nema ni opasnosti od sudara s meteoritima veće mase.

Voshod 2 (5682 kg) uzletio je 18. III 1965. Astronauti *Pavel Beljaev* i *Aleksej Leonov* obletjeli su Zemlju 18 puta, za 24 sata i 32 min i dostigli visinu od 498 km. Brod je imao nepropusnu komoru za izlazak u svemir. Televizijska kamera, postavljena na vanjskom opločju, snimala je — prvi put u povijesti — izlazak čovjeka u svemir. Sa Zemlje se vidio najprije kozmonautov šljem, a zatim i čitavo tijelo Leonova, koji se u početku pridržavao za brod, a zatim se udaljio od njega oko 5,5 m, koliko mu je dopuštala *pupčana vrpca*, tj. kabel kojim je bio vezan za brod. Leonov nije imao opreme s mlaznicama za kretanje kroz svemir.

Poslije 23 min. on je demontirao filmsku kameru, koja ga je dotad snimala, i kroz komoru se vratio u kabinu.

SOVJETSKI PROGRAM »SOJUZ«

Pošto su svi dotadašnji pothvati dokazali da se letjelice mogu sigurno lansirati sa Zemlje, da mogu pouzdano i točno manevrirati, spajati se i odvajati u svemiru i vraćati se na Zemlju, sovjetski su stručnjaci izradili planove za daljnji prodor u svemir. Kako se i najmoćnijim raketama sadašnje konstrukcije ne bi moglo prodrijeti do dalekih planeta, sazrele su pomisli o gradnji svemirskih postaja. Ali, kako se ni goleme svemirske postaje ne bi mogle dopremiti u svemir sadašnjim raketama, zamišljeno je da se one lansiraju sa Zemlje rastavljene u dijelovima onolike težine, koliko mogu ponijeti rakete, a u svemiru bi se sastavljale

od tako dopremljenih dijelova. Da bi se astronautima olakšao rad, trebalo je letjelice bez posade opremati automatskim uređajima, kako bi se uzmogle same međusobno približavati i čvrsto spajati, sve dok se ne sastavi umjetna postaja, kao neki svemirski otok. Bila je to glavna zadaća svemirskih brodova *Sojuz* (sajuz = savez).

Sojuz 1 uzletio je 23. IV 1967. Iako je taj brod mogao ponijeti tri kozmonauta, u njemu je bio samo *Vladimir Komarov*. Sojuz je imao dvije kabine s ukupnom zapremninom od 9 m³. U glavnoj kabini posada je boravila i radila. U njoj uzlijeće i slijeće, jer se samo ona od cijelog broda vraća na Zemlju. Obložena je ablacijskom smjesom, koja je štiti od plamena što bukti pri povratku kroz atmosferu. Opremljena je spravama za automatsko i ručno upravljanje. Druga se kabina nastavlja na prvu. U njoj su 3 kreveta, a upotrebljava se za odmor, spavanje i laboratorijski rad, ali i kao nepropusna komora kroz koju se izlazi iz Sojuza u svemirski prostor. Kad kozmonaut želi izići iz broda, mora obući skafandar, ući u komoru, za sobom zatvoriti vrata, privezati se za trup broda, izjednačiti pritisak s vanjskim tlakom, otvoriti vanjska vrata i izići. Pri ulasku u kapsulu, on ulazi u komoru, zatvara vanjska vrata, izjednačuje tlakove, otvara unutrašnja vrata, odvezuje se, skida skafandar i ulazi u glavnu kabinu.

U trećem odjeljku Sojuza nalaze se instrumenti i sprave, uređaji za održavanje života kozmonauta i dva raketna motora od po 400 kp potiska, koji služe za manevriranje i kočenje prije ulaska u atmosferu za povratka na Zemlju. Novost su i velika »krila« s površinom od 14 m², obložena elementima koji daju električnu energiju kad su izloženi suncu. Sojuz može boraviti u svemiru 30 dana.

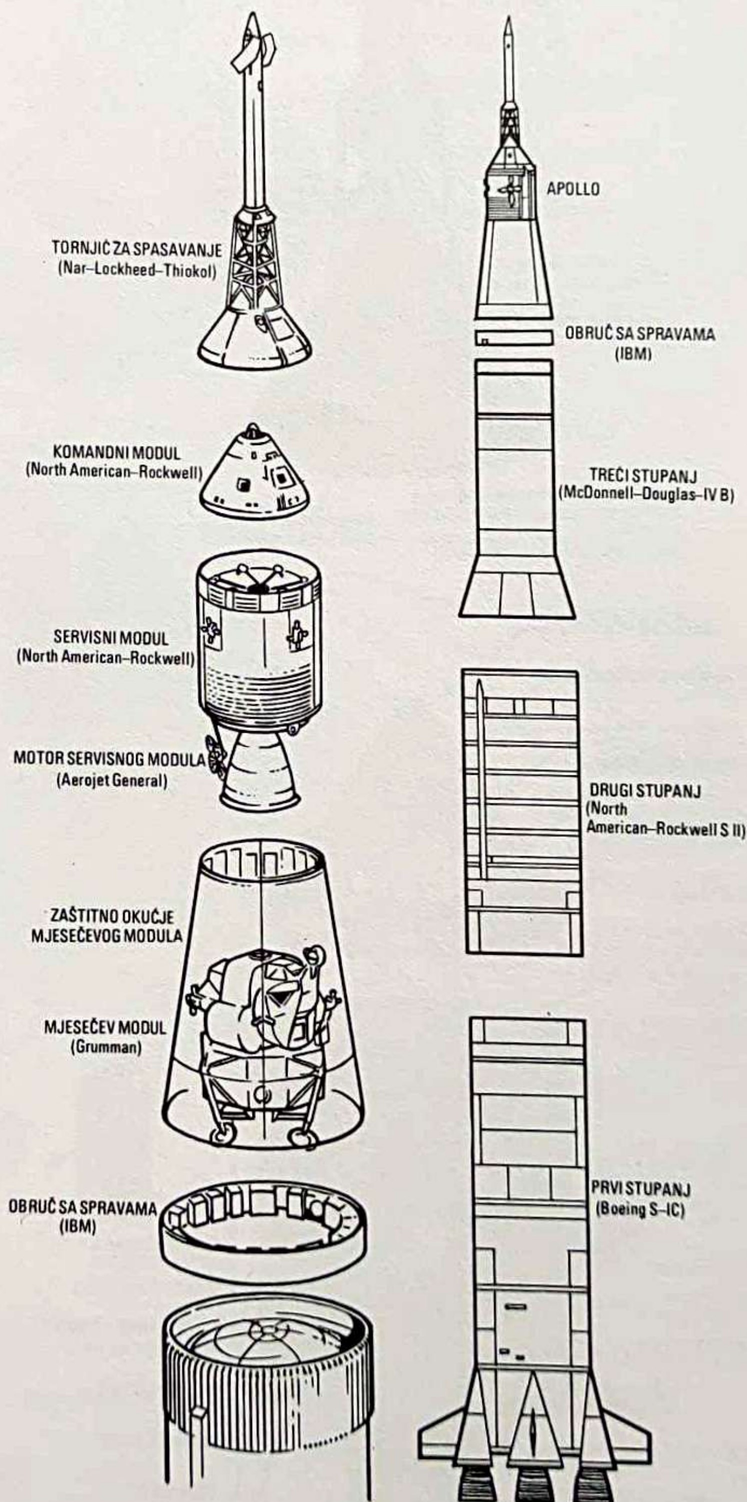
Nakon jednodnevnog leta oko Zemlje, pri povratku, u posljednjoj fazi spuštanja, kad je trebalo da se otvori padobran, nastao je neki kvar, kabina je strahovitom brzinom udarila o zemlju, a hrabri Komarov je poginuo. On je i prva žrtva svemirskih letova. Poslije te nesreće iskušavali su se sateliti bez posade. Lansiran je umjetni satelit *Kozmos 186*, a poslije tri dana *Kozmos 188*. Već 30. X 1967. Kozmos 186 prišao je Kozmosu 188, s njim se automatski spojio, a poslije 3,5 sata kruženja oko Zemlje, letjelice su se rastavile i svaka se posebno spustila na Zemlju. Bilo je to prvo automatsko spajanje umjetnih satelita bez posade, prema zapovijedima sa Zemlje. U idućem pokusu 14. IV 1968. spojile su se letjelice *Kozmos 212* i *Kozmos 213*.

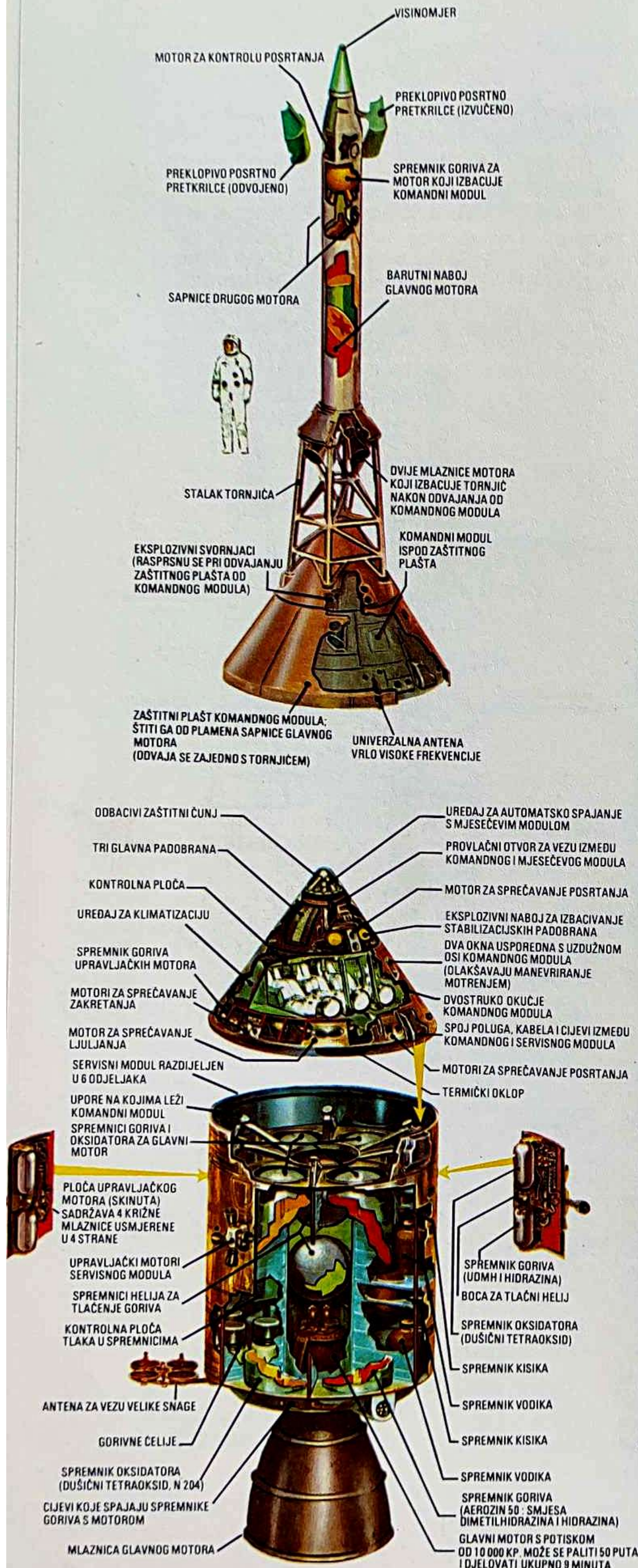
Sojuz 2 uzletio je 26. X 1968. bez posade.

Sojuz 3 uzletio je sutradan, 27. X 1968. U njemu je bio samo *Georgij Beregovoj*. On je letio 4 dana, iskušavao opremu, manevrirao različitim spravama, približavao se Sojuzu 2 i udaljavao od njega, ali se s njim nije spojio. Beregovoj se sretno spustio na Zemlju 30. X 1968.

Sojuz 4 užletio je iz Bajkonura 14. I 1969. Kozmonaut *Vladimir Šatalov* neko je vrijeme manevrirao, a zatim ušao u kružnu *parkiranu putanju* (v.), gdje je na visini od 237 km čekao drugove koji su letjeli Sojuzom 5 (vidi str. 357).

Sastavni dijelovi broda »Apollo 9« i rakete »Saturn V«





AMERIČKI PROGRAM »APOLLO«

Pošto su sovjetske i američke automatske letjelice pribavile dovoljno podataka o svemiru i Mjesecu, u SAD se već 1962. proučavalo kako bi se moglo prevesti na Mjesec i vratiti ih na Zemlju. Zaključeno je da se na Mjesec može doći na tri načina: golemom raketom ravno na Mjesec i natrag; sa dvije odvojene rakete koje bi se sastavile iznad Zemlje; na treći način, kozmičkim brodom Apollo, sa tri člana posade, koji bi letio do Mjeseca, ali bi se na Mjesec spustio samo jedan njegov dio, dok bi drugi dio broda ostao na putanji oko Mjeseca i čekao na povratak dijela koji se spustio. Treći je način izabran zbog toga, što je zahtijevao najmanju snagu raketnih motora za spuštanje na Mjesec i za uzlijetanje s njega.

Posade Apolla trenirale su od 1966. Za uvježbavanja buknuo je 27. I 1967. požar u kabini na vrhu Saturna. Planuo je kisik u kabini. U njoj su bili tri astronauta: *Virgil Grissom, Edward White* i *Roger Chaffee* (Čafi). Oni su, na žalost, izgorjeli, jer je na kabini otvaranje vrata predugo trajalo (oko 1 min.). Odmah nakon nesreće istraživani su uzroci požara i pregrađena su vrata, koja su se poslije prepravka mogla otvoriti za 10 sek. Budući da je bila tada povećana i sigurnost, kabina je (zbog manje težine) i dalje ostala ispunjena kisikom. (Sovjetske kabine ispunjene su zrakom.)

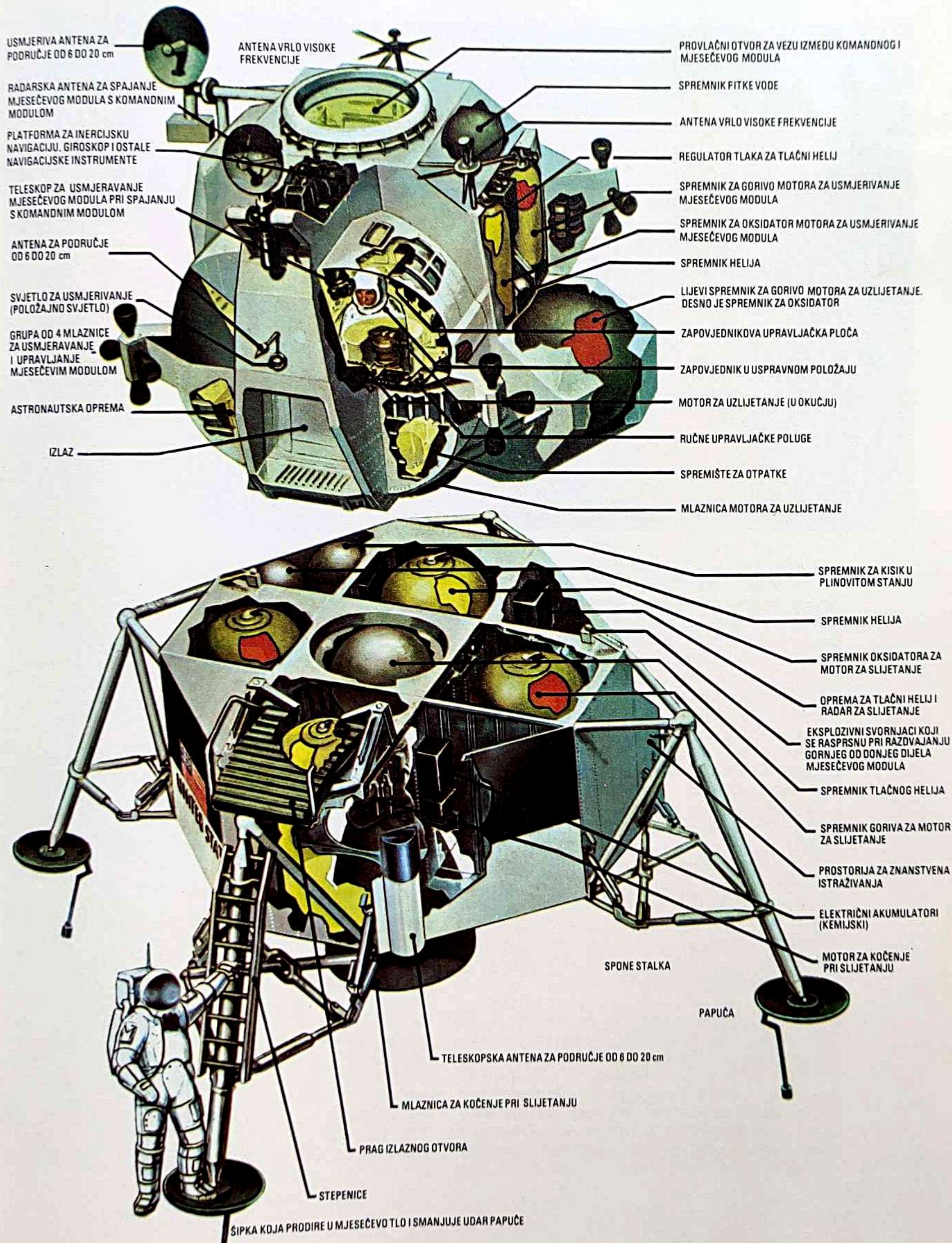
Apollo 7 uzletio je 11. X 1968. Astronauti *Walter Schirra. Don Eisele* i *Walter Cunningham* (Kaningem) obletjeli su Zemlju 163 puta. Taj je svemirski brod bio sastavljen od *komandnog modula* (command module), *servisnog modula* (service module) i *instrumentskog modula* (instruments unit, č. junit, ili instruments module). Za kruženja od 11 dana iskušana je oprema i pouzdanost svih uređaja.

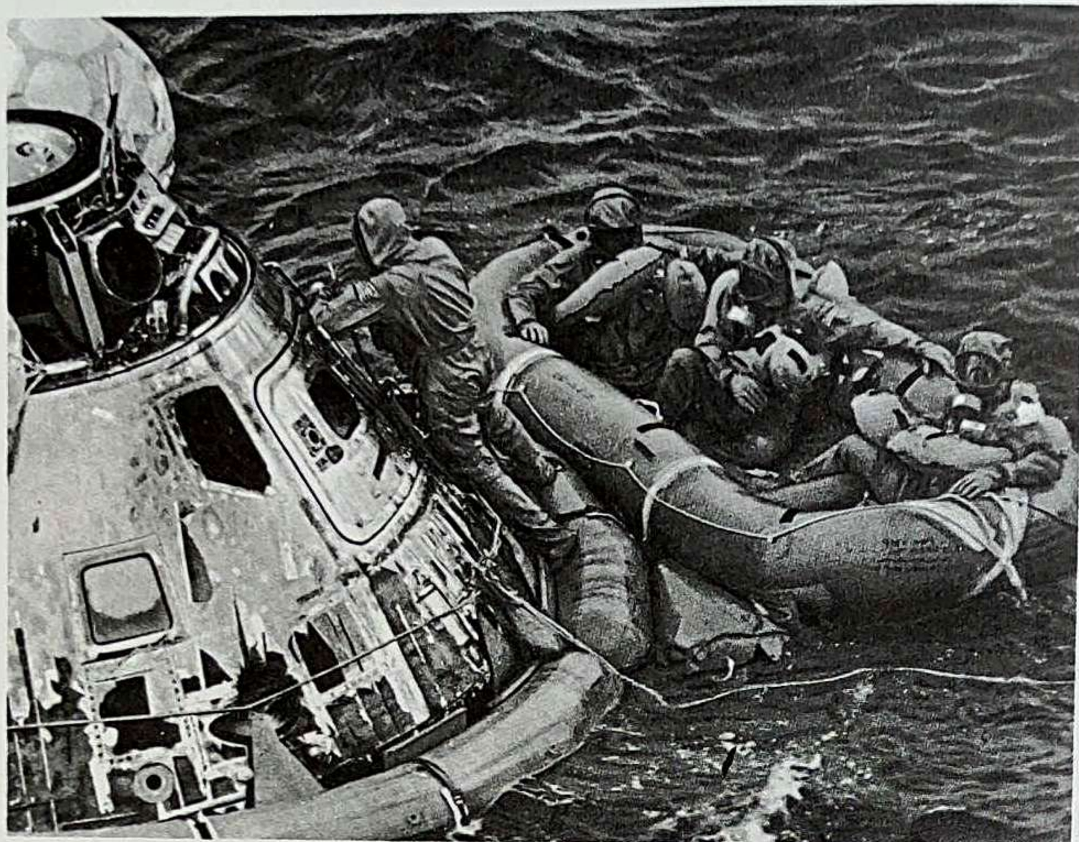
Apollo 8 uzletio je 21. XII 1968. Astronauti *Frank Borman James Lovell* i *William Anders* prvi su obletjeli Mjesec. Bilo je to najdulje putovanje ljudi u svemiru (992 995 km), najdalje od Zemlje (374 890 km), prvo na kome su ljudi prodrli u zonu Mjesečeve privlačne sile, i na kome su ljudi prvi put ugledali stražnju stranu Mjeseca. Apollo 8 je i prvi brod koji je na povratku uletio u atmosferu rekordnom brzinom od 39 425 km na sat.

Lijevo gore: tornjić za spasavanje svemirskog broda »Apollo« izrađen je na zaštitnom plaštu, koji prekriva kapsulu i štiti je od plamena iz donjih sapnica na tornjiću za spasavanje

Lijevo dolje: komandni modul broda »Apollo«. Ispod njega servisni modul s radio-uređajem, gorivom, gorivnim ćelijama i motorom

Desno: Mjesečev brod rastavljen u 2 dijela. Pošto se završe istražni znanstveni radovi, gornji dio s dva astronauta vraća se u svemir ka komandnom modulu, a donji dio broda ostaje na Mjesecu


USMJERIVA ANTENA ZA PODRUČJE OD 6 DO 20 cm
ANTENA VRLO VISOKE FREKVENCIJE
RADARSKA ANTENA ZA SPAJANJE MJESEČEVOG MODULA S KOMANDNIM MODULOM
PLATFORMA ZA INERCIJSKU NAVIGACIJU, GIROSKOP I OSTALE NAVIGACIJSKE INSTRUMENTE
TELESKOP ZA USMJERAVANJE MJESEČEVOG MODULA PRI SPAJANJU S KOMANDNIM MODULOM
ANTENA ZA PODRUČJE OD 6 DO 20 cm
SVJETLO ZA USMJERIVANJE (POLOŽAJNO SVJETLO)
GRUPA OD 4 MLAZNICE ZA USMJERAVANJE I UPRAVLJANJE MJESEČEVIM MODULOM
ASTRONAUTSKA OPREMA
IZLAZ
PROVLAČNI OTVOR ZA VEZU IZMEĐU KOMANDNOG I MJESEČEVOG MODULA
SPREMNIK PITKE VODE
ANTENA VRLO VISOKE FREKVENCIJE
REGULATOR TLAKA ZA TLAČNI HELIJ
SPREMNIK ZA GORIVO MOTORA ZA USMJERIVANJE MJESEČEVOG MODULA
SPREMNIK ZA OKSIDATOR MOTORA ZA USMJERIVANJE MJESEČEVOG MODULA
SPREMNIK HELIJA
LIJEVI SPREMNIK ZA GORIVO MOTORA ZA UZLIJETANJE. DESNO JE SPREMNIK ZA OKSIDATOR
ZAPOVJEDNIKOVA UPRAVLJAČKA PLOČA
ZAPOVJEDNIK U USPRAVNOM POLOŽAJU
MOTOR ZA UZLIJETANJE (U OKUĆJU)
RUČNE UPRAVLJAČKE POLUGE
SPREMIŠTE ZA OTPATKE
MLAZNICA MOTORA ZA UZLIJETANJE
SPREMNIK ZA KISIK U PLINOVITOM STANJU
SPREMNIK HELIJA
SPREMNIK OKSIDATORA ZA MOTOR ZA SLIJETANJE
OPREMA ZA TLAČNI HELIJ I RADAR ZA SLIJETANJE
EKSPLOZIVNI SVORNJACI KOJI SE RASPRSNU PRI RAZDVAJANJU GORNJEG OD DONJEG DIJELA MJESEČEVOG MODULA
SPREMNIK TLAČNOG HELIJA
SPREMNIK GORIVA ZA MOTOR ZA SLIJETANJE
PROSTORIJA ZA ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA
ELEKTRIČNI AKUMULATORI (KEMIJSKI)
MOTOR ZA KOČENJE PRI SLIJETANJU
SPONE STALKA
PAPUČA
TELESKOPSKA ANTENA ZA PODRUČJE OD 6 DO 20 cm
MLAZNICA ZA KOČENJE PRI SLIJETANJU
PRAG IZLAZNOG OTVORA
STEPENICE
ŠIPKA KOJA PRODIRE U MJESEČEVO TLO I SMANJUJE UDAR PAPUČE



Kapsula »Apollo« na morskoj površini. Lijevo gore jedan od tri balona, koji se napuhnu prije pada na more, kako bi se kapsula što brže uspravila, ako zaroni naopako. Ljudi žabe hitro opasuju kapsulu nepropusnim valjcima, da u slučaju prodora vode, ne potone. Nakon toga astronauti izlaze iz kapsule i prelaze u gumenu splav, odakle ih jednog po jednog helikopter diže mrežom u svoj trup i prevozi na palubu nosača aviona, gdje ulaze u karantensku kabinu. S kabinom se prevoze u bazu. U kabini ostaju određeno vrijeme. Kasnije se uspostavilo da karantenska izolacija nije potrebna, jer na Mjesecu nema života pa ni klica

Apollo 8 i treći stupanj Saturna, spojeni kao što su kružili oko Zemlje, težili su 28 773 kg. Apollo 8, na vrhu najmoćnije trostepene rakete Saturn V, uzletio je s Cape Kennedyja, obišao dva puta Zemlju, a zatim tjeran mlaznim motorom trećeg Saturnova stupnja, pojurio je brzinom od 38 616 km na sat i odbacio treći stupanj raketa. Otad je prema Mjesecu letio 16,2 m visok svemirski brod Apollo 8, sastavljen od komandnog modula (visoka 3,66 m), valjkastog servisnog modula (6,70 m) i čunja (8,53 m) u kome je bio »slijepi« *mjesečev modul* (lunar module, skraćeno LM) težak 1882 kg. Tako sastavljen brod ušao je 24. XII u putanju oko Mjeseca i za 20 sati leta obišao 10 puta Mjesec na visini od samo 112 km iznad njegove površine. Andres je snimao Mjesečevu površinu i pretraživao najpogodnija mjesta za slijetanje idućih svemirskih brodova. U 6 televizijskih i radio-prijenosa opisao je: *»odbojan pogled na prostranu svemirsku pustoš«* i *Zemlju kao lijepu zelenu oazu u usporedbi s mračnim i bezbojnim Mjesecom«*. Apollo 8 spustio se u Tihi ocean 27. XII, nakon putovanja od 6 dana.

Apollo 9 uzletio je iz Cape Kennedyja 3. III 1969. *James McDivitt* (zapovjednik kapsule Gemini 4), *Russel Schweickart* (Rasl Švejkart) i *David Scott* (2. pilot kapsule Gemini 8) iskušavali su komandni, servisni, instrumentski i Mjesečev modul na način kako će manevrirati pri spuštanju na Mjesec. *Saturn V*, raketa visoka 110,6 m i teška 2 940 782 kg, najteži je predmet dotad izbačen u svemir, a Apollo 9, sa svim modulima, težak 134 717 kg najteži je izbačeni korisni teret u svemir. Pošto se svemirski brod odvojio od 3. stupnja Saturnove rakete, ona je 3. III odbačena u svemir, u putanju oko Sunca. Nakon toga spojio se komandni modul s Mjesečevim modulom, Schweickart i McDivitt provukli su se 5. III kroz 81 cm širok tunel u Mjesečev modul i u njemu proboravili 9 sati. Oni su preko televizije prikazivali 7 min. rad u tom modulu, ali se govor zbog neke greške nije čuo. Ispitivali su raketne motore za spuštanje na Mjesec; pokazali su se pouzdanim. Nakon toga, 6. III, vratila su se oba astronauta natrag u komandni modul, a Schweickart se 40 minuta »šetao svemirom« između komandnog i Mjesečeva modula bez »pupčane vrpce« koja mu nije bila potrebna, jer je na leđima nosio spremnik s kisikom za disanje, električne baterije, te sprave za hlađenje i održavanje veze. Vrijednost se te opreme cijenila na 3 120 000 novih dinara. Televizija je prikazivala njegov povratak u komandni modul. Nakon toga su Schweickart i McDivitt treći put prešli u Mjesečev modul, 7. III odvojili su se od komandnog modula te šest i pol sati letjeli odvojeno. Pošto su se uspješno spojili s komandnim modulom, letjeli su spojeni puna 2 sata. Astronauti su se provukli natrag u komandni modul, odvojili Mjesečev modul i odbacili ga u svemir. On će nakon duljeg kruženja oko Zemlje izgorjeti u atmosferi.

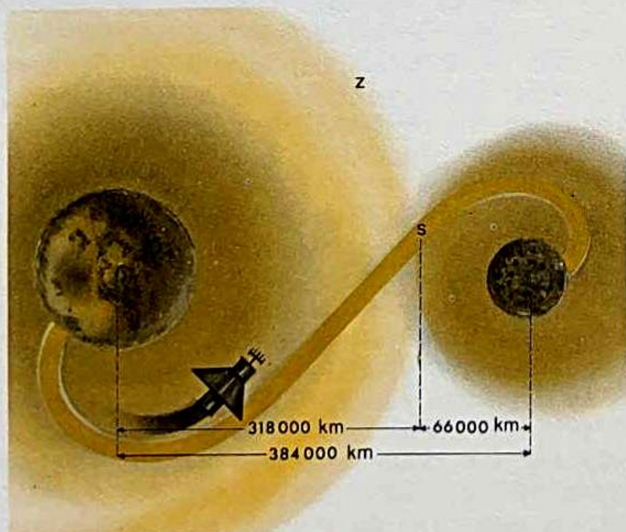
Na tom letu dva su modula letjela spojena 54 sata i 47 min. Pošto je 9 puta obletio Zemlju,

Apollo 9 je ušao u atmosferu brzinom od 28 157 km na sat i sretno se spustio 13 III na Atlantski ocean, 360 nautičkih milja sjeveroistočno od San Juana (Puerto Riko).

Apollo 10 uzletio je 18. V 1969. Astronauti *Thomas Stafford, John Young* (Jang) i *Eugene Cernan* (Judžin Sernen: obletjeli su jedanput Zemlju parkirnom putanjom na visini od 161 km. Nakon toga, potisnuti 3. stupnjem rakete Saturn V, odjurili su na 384 000 km dalek put k Mjesecu. Kad je dogorio raketni motor, odbacili su 3. stupanj Saturnove rakete u putanju oko Sunca, a zatim su spojili komandni modul s Mjesečevim modulom. Pošto su 21. III stigli do Mjeseca, morali su iza njega upaliti pogonski motor komandnog modula, kako bi prešli u kružnu putanju oko Mjeseca. Bio je to najopasniji trenutak, jer se iza Mjeseca ne može održavati radio-veza između broda i Zemlje. Poslije 37 min. napetog očekivanja svi su na Zemlji odahnuli, kad su začuli uzvik: »Evo nas!«

Cernan i Stafford provukli su se u Mjesečev modul i odvojili ga od komandnog modula, u kome je Young ostao sam da i dalje kruži oko Mjeseca. Cernan i Stafford spustili su se k Mjesecu na samih 15 km iznad njegove površine radi iskušavanja raketnih motora. Sve je teklo u redu. Ustanovili su da je *More tišine* na Mjesecu doista izvrsno mjesto za slijetanje, ali oni su, unatoč velikoj napasti da se spuste, poslušno upalili motor i vratili se na putanju oko Mjeseca. Uspješno su se spojili s komandnim modulom, provukli se u nj i odbacili Mjesečev modul. Spustili su se na Tihi ocean 25. V 1969. nakon putovanja od 7 dana.

Srednja je daljina Mjeseca od Zemlje 384 000 km. Privlačna sila Zemlje dopire do astronomskih daljina, ali je na 318 000 km jednaka privlačnoj sili Mjeseca. Odatle je do Mjeseca još 66 000 km. Zbog Zemljine privlačne sile, brzina svemirskog broda od Zemlje do točke S opada, a odatle, zbog Mjesečeve privlačne sile, raste



PUT NA MJESEC

Dug je put od Zemlje do Mjeseca, dug i naporan, ali s gledišta navigacije ne može se usporediti s plovidbom broda u daleke maglovite krajeve. Upravljanje je svemirskim brodom gotovo srodnije upravljanju lokomotivom. Sličnosti su: poštivanje voznog reda, manevriranje nametnuto iz kontrolnog središta, neznatna samopobuda i sl. Satelit, kao ni lokomotiva ne smije skrenuti s kolosijeka. Ravnoteža koja vlada između sila nebeske mehanike, mnogo strože određuje put satelitu nego kolosijek vlaku. Srećom, u astronautici još nije bilo iskliznuća.

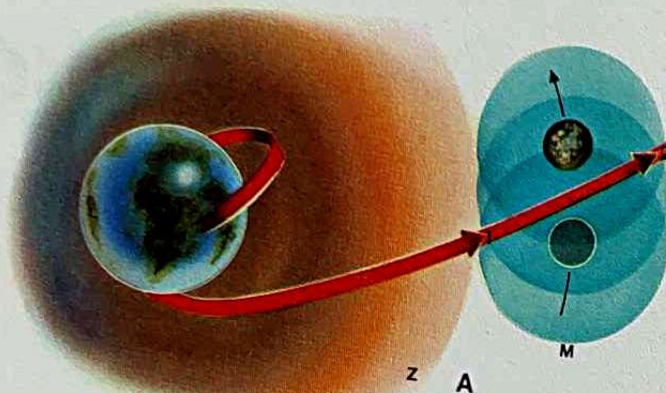
Doista je neobično da se svemirski brod u neizmjernom svemiru drži određenog kanala. Uzrok je što astronautika još ne raspolaže motorom koji bi neprestano djelovao na međuplanetarnom putovanju. Astronaut se može usporediti s vozačem, koji bi za put od Zagreba do Kopra imao samo 25 grama benzina i koji bi u automobilu bez kočnica mogao kočiti samo s upaljenim motorom uz škrtu zalihu benzina. Još nema rakete koja bi mogla ponijeti dovoljno goriva za svemirsko putovanje s neprekidnim ubrzavanjem. Nema ni za stoti, ni za tisućiti dio puta. Budući da u svemiru nema pumpnih stanica, može se samo letjeti od potiska pri lansiranju i od nekoliko kratkih poriva što ga daju rakete drugog i trećeg stupnja. Dalje se leti slobodnim letom do cilja, tek uz koji kratkotrajni poriv brodske mlaznice. U svemiru se ne smije zalutati, jer bi i najmanje iskliznuće odvelo astronauta u beskonačnost neba ili u plameni pakao. Čovjek upravlja kapsulom samo nekoliko prvih sekundi, pa nakon toga nema više ni motora, ni kočnica, ni krmila, ima tek poneki mlazić. Kapsulom se, dakle, ne krmilari, ona se ravna prema jednadžbama svemirske mehanike.

Svaki đak zna Newtonove zakone. Sva se tijela međusobno privlače silom koja je razmjerna umnošku njihovih masa, a obrnuto razmjerna kvadratu njihova međusobnog razmaka. Jabuka pada sa stabla jer je privlači Zemlja, jednako kao što Zemlja privlači Mjesec. I Mjesec bi pao na Zemlju kad se ne bi okretao oko nje. Drži ga centrifugalna sila vrtnje, koja se suprotstavlja međusobnoj privlačnoj sili. Međutim, privlačna sila se smanjuje s kvadratom daljine. Jabuku na visini od 6371 m iznad tla Zemlja privlači četiri puta slabije, jer se daljina jabuke od središta Zemlje udvostručila. Iz toga se može zaključiti da na nekoj daljini od Zemlje njezina privlačna sila posve prestaje.

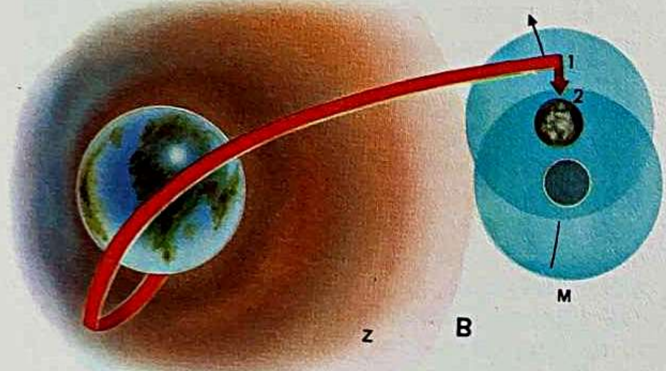
Mjesec je udaljen od Zemlje 384 000 km, a privlačna sila Zemlje ravna je privlačnoj sili Mjeseca na daljini od 318 000 km. Do Mjeseca preostaje još 66 000 km. To su dvije važne brojke. U

astronautici se govori o sferama (kuglama) utjecaja. Sfera Zemljina utjecaja pomišljena je kugla s polumjerom od 318 000 km i sa središtem u središtu Zemlje. Sfera Mjesečeva utjecaja dodiruje sferu Zemljina utjecaja, a polumjer joj je 66 000 km.

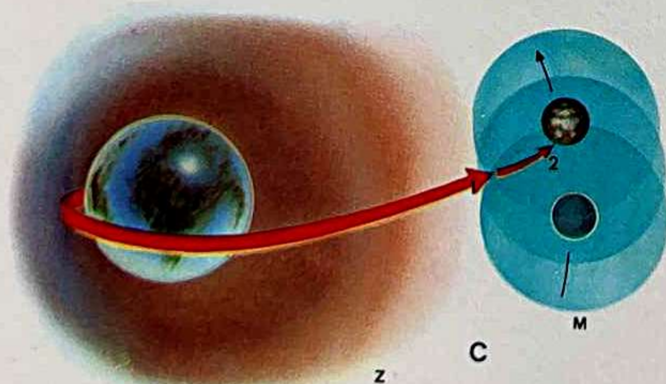
I svemirski brod privlači Zemlju i Mjesec, a druga nebeska tijela privlače svemirske brodove, ali se te neznatne privlačne sile mogu zanemariti zbog sićušnosti kapsula, odnosno zbog golemih daljina svemirskih tijela.



Kad bi se kapsula usmjerila da na daljini od 318 000 km od Zemlje i 66 000 km od Mjeseca (točka 1) stigne kad je Mjesec u pravcu lansiranja, ona bi promašila (2) jer se Mjesec kreće poprijeko i udaljuje se od nje



Kapsuli, izbačenoj točno na Mjesečevu putanju (u točku 1, udaljenu 384 000 km), ali ispred Mjeseca, Mjesec dolazi u susret i ona će se razbiti na njegovoj površini (2)



Kapsulu treba izbaciti tako da iz sfere gdje prevladava Zemljina privlačna sila (točka 1) dođe nešto ispred Mjesečeve privlačne sfere. Mjesečeva privlačna sila privlači kapsulu i prema želji ona može pasti na Mjesec, može kružiti oko njega, ili se može spustiti na nj

Kad se kamen baci uvis, on se diže sve sporije, na nekoj visini se zaustavi, a zatim pada. Ni najjači čovjek ne može kamen hitnuti više od nekoliko desetaka metara. Protuavionski top baca granate nekoliko kilometara visoko, a balistički projektili dopiru do ionosfere. Da bi se došlo na Mjesec treba kapsulu izbaciti brzinom od 11,4 km u sek., do visine od 318 000 km, gdje prestaje sfera Zemljina utjecaja. Kapsula tada ulazi u sferu Mjesečeva utjecaja i neće pasti na Zemlju. Kad se kapsula izbaci na visinu od 318 000 km, ona se diže sve sporije, a na toj visini brzina postane ravna ništici. Kapsula je tada nepomična, ali samo u odnosu na Zemlju.

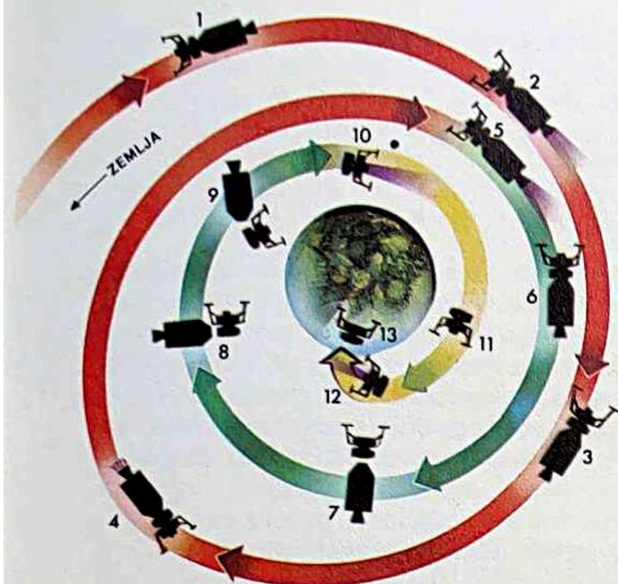
Mjesec se giba na svojoj putanji oko Zemlje brzinom od 1000 m u sek. Zbog toga se kapsula, iako nepomična u odnosu na Zemlju, giba brzinom od 1000 m u sek. u odnosu na Mjesec. Kad bi se kapsula usmjerila tako da na visini od 318 000 km (66 000 km od Mjeseca) stigne točno u trenutku kad je Mjesec u liniji lansiranja, ona bi ga promašila, jer se Mjesec giba poprijeko i udaljuje se od kapsule.

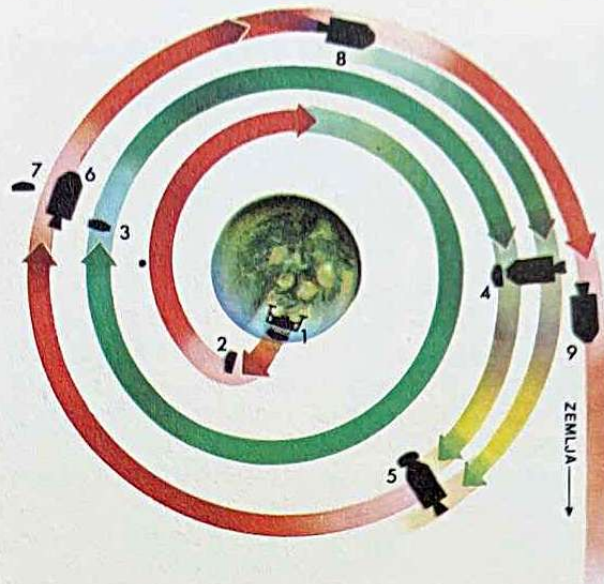
Drugi je način da se kapsula izbaci točno na Mjesečevu putanju, tj. na daljinu od 384 000 km (318 000 + 66 000), i to u točku 66 000 km ispred Mjeseca. On joj tada dolazi u susret. Ako se izvanredno dobro upravlja kapsulom, ona će se razbiti o Mjesečevu površinu. Ako se potkrade i najmanja pogreška, kapsula će projuriti pored Mjeseca u hiperboli. Zašto?

Kapsula, kojoj je u točki 66 000 km ispred Mjeseca, brzina jednaka ništici u odnosu na Zemlju, gledana s Mjeseca juri brzinom od 1000 m u sek. Međutim, na visini od 66 000 km »brzina oslobađanja s Mjeseca« jest 325 m u sek. Kapsula, se, dakle, giba tri puta brže, pa ako nema kočne rakete, odletjet će hiperbolom u putanju oko Sunca.

Iz ovih se primjera vidi da se projektil bez motora može samo sudariti s Mjesecom, ili projuriti pokraj njega. Da bi kapsula ušla u Mjesečevu putanju, ostala na njoj i spustila se na Mjesečevu površinu, mora raspolagati raketnim motorima, kojima će od vremena do vremena kočiti i smanjivati brzinu kapsule.

Parkirna putanja i svemirski put. Treći je način da se leti pravim »kolosijekom« do Mjeseca. U točno izračunato vrijeme pale se rakete Saturna. Trajanje potiska, veličinu ubrzanja i visinu rakete neprekidno prate računala na Zemlji. Prvi zadatak je ulazak u kružnu putanju oko Zemlje. To je tzv. *parkirna putanja*. Ako je Saturn prerano ili prekasno krenuo, ako su rakete dulje i kraće izgarale, ako je ubrzanje bilo preveliko ili premalo, sve se greške tada uzimaju u račun, pa ako se ustanovilo da je sve u redu, ili pošto je





Lijevo. Spuštanje Mjesečevog broda na Mjesec: 1. letjelica (servisni i komandni modul s Mjesečevim brodom) ulazi u sferu Mjesečeve privlačne sile, 2. letjelica se kočenjem spušta na nižu putanju, 3. na nižoj putanji, 4. letjelica se kočenjem još spušta, 5. ponovnim kočenjem spušta se na parkirnu putanju, 6. na parkirnoj putanji, dva astronauta prelaze u Mjesečev brod, 7. letjelica se obrće i ispušta Mjesečev brod, 8. Mjesečev brod manevrira samostalno, 9. komandni modul kruži oko Mjeseca i čeka, 10. Mjesečev brod se spušta na najnižu putanju, 11. brod na spiralnoj putanji, 12. manevar elastičnog spuštanja, 13. Mjesečev brod s dva astronauta na površini Mjeseca

Desno. Povratak Mjesečevog broda s Mjeseca: 1. gornji dio Mjesečevog broda, paljenjem svog motora, diže se s Mjesečeve površine, a donji dio ostaje na Mjesecu, 2. brod na donjoj putanji, 3. brod na parkirnoj putanji, 4. susret s komandnim modulom, 5. spoj broda s modulom, astronauti se vraćaju u komandni modul, 6. i 7. Mjesečev brod odbačen, 8. paljenje motora u komandnom modulu radi prelaska na višu putanju, 9. ulazak u putanju koja vodi prema Zemlji

munjevitom brzinom izračunata nova putanja bliska projektiranoj, ponovno se pale rakete i Apollo kreće na najdulji put prema Mjesecu izračunatom svemirskom stazom. Kapsula se otad kontrolira elektronskim automatskim uređajima i njome nitko ne pilotira. Astronauti mogu mirno spavati. Ipak, ako se zamijeti malo skretanje s »kolosijeka«, put se ispravlja kratkotrajnim mlazovima iz brodskih mlaznica.

Kad Apollo stigne kao projektil iz topa na 318 000 km od Zemlje, on je tada udaljen 66 000 km od Mjeseca i ušao je u njegovu utjecajnu sferu. U tom trenutku on juri tri puta brže od brzine oslobađanja s Mjeseca. Zbog toga treba proturaketama toliko kočiti da se brzina smanji ispod brzine oslobađanja, kako bi Apollo ušao u kružnu putanju oko Mjeseca. Apollo mora imati snažan motor, a astronauti pale te proturakete i koče u trajanju koje im daje brodsko računalo povezano s radarom, s giroskopom i drugim spravama. Naime, otad više ne odlučuju astronauti nego računalo iz komandnog modula. Kapsula je za to vrijeme iza Mjeseca, pa su i radio-veze sa Zemljom prekinute. Osim toga radio-valovi, koji se šire brzinom svjetlosti, putuju od kapsule do Zemlje 1¼ sek., a to je predug tok u odsudnim trenucima.

Pošto je Apollo ušao u kružnu putanju oko Mjeseca, od njega se odvaja Mjesečev modul, koji kočnim raketama smanjuje svoju brzinu do ništice i spušta se na Mjesečevu površinu. Manevar je vrlo složen i zahtijeva mnogo goriva, a da se što manje troši, sve se kontrolira elektronskim spravama.

Međutim, komandni modul ostaje u sferi Mjesečeva utjecaja, kruži oko Mjeseca na parkirnoj putanji i čeka povratak Mjesečeva modula. Nakon obavljenih zadataka na Mjesecu, donji dio Mjesečeva modula ostaje na tlu, a gornji dio svojim raketnim motorom uzlijeće, udaljuje se od Mjeseca, približava se komandnom modulu i spaja se s njim. Ovo je kratko tumačenje i u prvi mah možda i jasno, ali nije sve baš tako jednostavno. Nužno je objasniti nekoliko pojmova iz astronautike i protumačiti kako jedna kapsula dostiže drugu, te kako se u svemiru sateliti »dižu« i »spuštaju«.

Svemirski sastanci. Satelit koji kruži oko nekog svemirskog tijela, npr. oko planeta, može opisivati četiri vrste putanja: kružnicu, elipsu, parabolu i hiperbolu. U ovim tumačenjima važnije su prve dvije. Kad satelit opisuje kružnicu oko planeta, koji se nalazi u središtu, centrifugalna sila i privlačna sila (gravitacija) neprekidno su u ravnoteži, a satelit se giba neprekidno jednoličnom brzinom. U astronautici je vrlo teško kružiti posve pravilnim krugom zbog gravimetrijskih nepravilnosti i drugih uzroka. To je razlog da kružne parkirne putanje nisu nikad pravilni krugovi nego elipse malog ekscentriciteta.

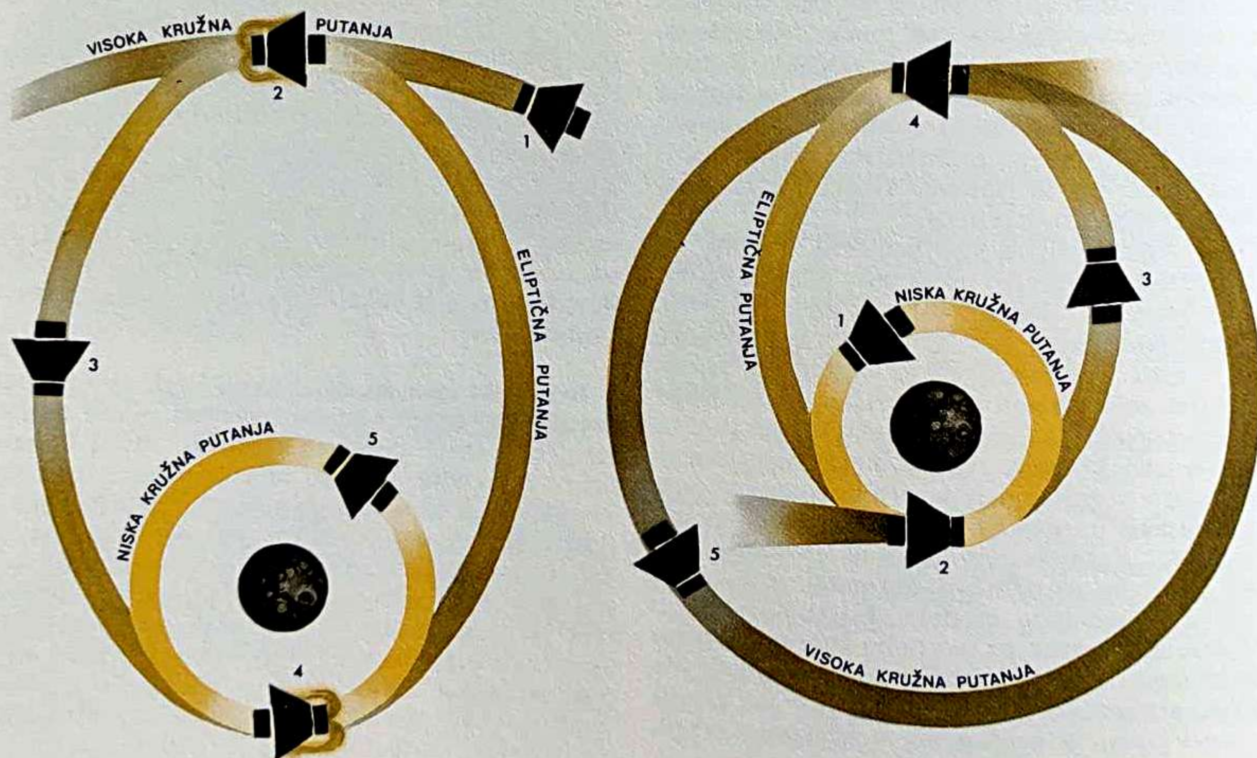
Druga i redovita astronautička putanja je elipsa. Kad se satelit (npr. Mjesec) giba eliptičnom putanjom, planet (npr. Zemlja) uvijek je u jednom od žarišta elipse. Na elipsi se satelit neprekidno giba različitom brzinom. Kad se približava planetu brzina mu se povećava. Najveća je kad je najbliže planetu (perigej). Kad se satelit udaljava

od planeta, brzina mu se smanjuje, a najmanja je kad je satelit najdalje od planeta (apogej). Takvo se gibanje neprekidno ponavlja. Sve je ovo razumljivo ako se sjetimo da je na manjoj daljini privlačna sila jača, pa brzina kruženja mora biti veća kako bi se stvorila jača centrifugalna sila koja se suprotstavlja gravitaciji.

Vratimo se ka kruženju Mjesečeva modula. On na povratku s Mjeseca kruži nižom putanjom i većom brzinom te zbog toga brzo dostiže komandni modul, ali se ne može sastati s njim jer je Mjesečev brodić na nižoj putanji. Da bi dostigao komandni modul, mora se dići do kružne putanje komandnog modula. Zbog toga pilot kratkim raketnim mlazom povećava potisak, ubrzava Mjesečev modul, prelazi u eliptičnu putanju, pa kako se sada udaljuje od Mjeseca, brzina mu se smanjuje, a kad stigne do najdalje točke, brzina je najmanja, ali ipak veća od brzine komandnog modula. Pilotova je sad vještina u komandnom modulu da mlaznim porivom poveća brzinu kako bi se izjednačila s brzinom Mjesečeva modula te da se ta dva satelita spoje. Ovo se može shvatljivije protumačiti sa dva automobila koji voze niz dvije ceste što se stječu u jedan auto-put kao slovo Y. Lijevi automobil M vozi brzinom od 100 km na sat i nešto je bliži raskršću, a desni automobil K vozi brzinom od 80 km na sat. Desni automobil K (komandni modul) ući će na auto-put prije, ali će ga automobil M (Mjesečev modul) brzo dostići i udariti u nj, jer je brži za 20 km na sat. Vozač automobila K mora prije dolaska na auto-put povećati brzinu na 100 km na sat jer će se samo tada automobili moći lagano dodirnuti.

Pažljiv čitalac možda ne razumije kako to da se nakon potiska kapsuli brzina nekad povećava, a drugi put smanjuje, ili da se unatoč kočenju proturaketom kapsuli brzina povećava. Korisno je opet kapsulu usporediti s automobilom. Kad se vozilo spušta nizbrdicom (spuštanje kapsule niz silaznu stranu elipse prema Mjesecu), brzina se povećava unatoč kratkom kočenju, i obratno, iako vozač snažnim »gasom« poveća rad motora ispred uzbrdice (uzlazna strana elipse), automobil se kreće uzbrdo sve sporije. Nešto se o svemirskoj mehanici može naučiti i ako se pažljivo prouče ove dvije skice.

Apollo 11 uzletio je 16. VII 1969. u 7 s. 32 min. po srednjeameričkom vremenu. U brodu su bili *Neil Armstrong Michael Collins* i *Edwin Aldrin*. Saturnove rakete se upaljene kad su računala pokazala 00 s. 00 min. 00 sek. Golema raketa u po-



**Manevriranje u svemiru. Lijevo: spuštanje umjetnog satelita s više na nižu kružnu putanju oko Zemlje.
putanje (1) može spustiti na nisku kružnu putanju ako koči proturaketom (2). Brzina se naglo smanji i satelit pada prelaznom eliptičnom Umjetni satelit se s visoke kružne
putanjom (3). Međutim, na tom dijelu elipse brzina raste, jer se satelit približava Zemlji i na nj djeluje Zemljina privlačna sila (gravitacija).
Brzina je najveća u perigeju (4), kad je najbliže Zemlji. U perigeju (4) mora ponovno kočiti, jer bi inače od prevelike brzine odletio
drugim krakom elipse opet na visoku putanju. Nakon kočenja, satelit kruži niskom kružnom putanjom (5)
Desno: dizanje umjetnog satelita s niske na visoku kružnu putanju oko Zemlje. Umjetni satelit na niskoj kružnoj putanji (1) mora akti-
virati pogonsku raketu (2) kako bi se eliptičnom putanjom (3) udaljio od Zemlje. Iako je upaljenom raketom (2) brzina povećana, satelit
na eliptičnoj putanji (3) leti sve sporije, jer se giba nasuprot smjeru Zemljine privlačne sile, kao da leti uzbrdo, a brzina mu je najmanja
kad se popne u apogej (4). U tom trenutku mora ponovno aktivirati pogonsku raketu, kako bi se održao na visokoj kružnoj putanji (5),
jer kad ne bi tako postupio, padao bi sve brže drugim krakom eliptične putanje i prosljedio bi kruženje niskom putanjom**

četku se lijeno i posve sporo dizala, iz strahovitog plamena i dima, a zatim pojurila sve brže i iza sebe ostavljala plameni trag.

Na visini od 68 km dogorjelo je gorivo u raketama, i prvi stupanj Saturna odvojio se, obavijen sivim dimom. Nakon toga proradilo je pet motora drugostepene rakete, koji su za 6½ min. izgaranja potisli Apollo 11 na visinu od 196 km. Tada se odvojio i drugi stupanj Saturna. Treći stupanj je kratkotrajnim potiskom doveo Apollo u parkirnu putanju po kojoj je kružio oko Zemlje, na visini od 188 km, brzinom od 28 000 km na sat. Bilo je to 11 min. i 50 sek. poslije lansiranja. (Vremena poslije lansiranja upisana su u zagradi.)



Lansiranje svemirske rakete »Saturn V« s kozmičkim brodom »Apollo«. Na vrhu je tornjić za spasavanje. Komandni modul prekriven je zaštitnim plaštem. On štiti modul od plamena iz sapnica motora koji odbacuje tornjić kad ga treba odvojiti od kapsule »Apolla«

Paljenjem motora (2 s. 50 min. 13 sek. poslije lansiranja) povećana je brzina za 109 km na sat, a poslije 20 minuta (3 s. 10 min. 00 sek.) odbačen je treći stupanj Saturna. Nakon toga je motorom servisnog modula malo ispravljena putanja. Pošto se brod približio Mjesecu, smanjena mu je brzina za 3200 km na sat i Apollo je (75 s. 54 min. 26 sek.) ušao u eliptičnu putanju oko Mjeseca, na visini od 111 odnosno 351 km.

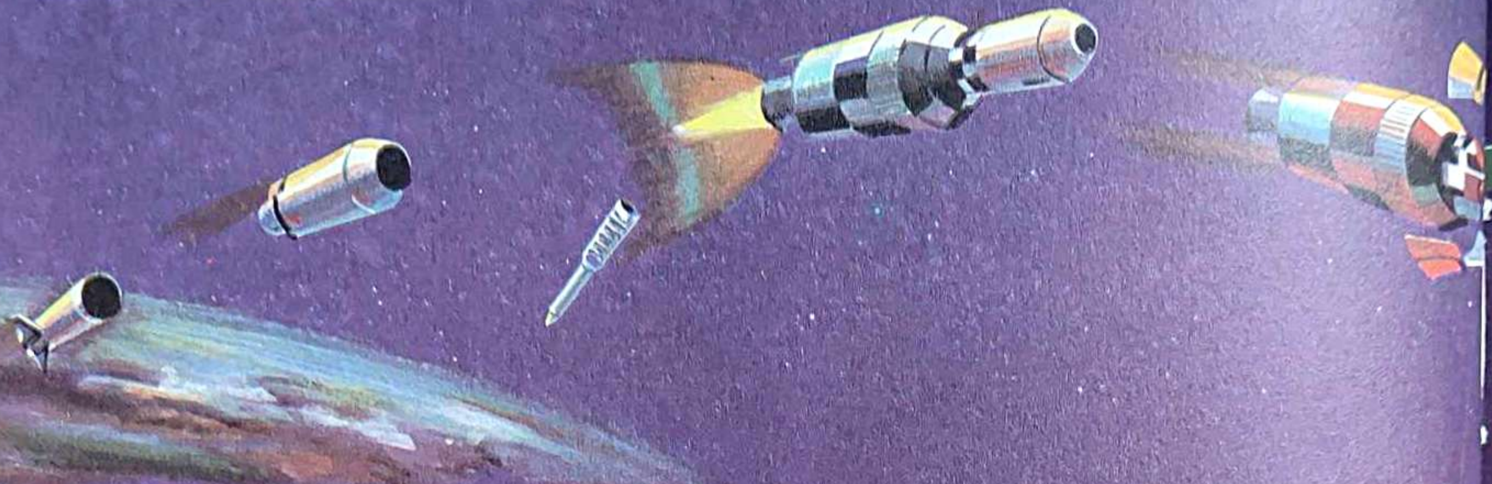
Poslije 5 sati kruženja oko Mjeseca (80 s. 09 min. 30 sek.), nakon malog smanjenja brzine za 17 km na sat, Apollo je prešao na nižu eliptičnu putanju malog ekscentriciteta, tj. na putanju gotovo kružnog oblika, na visini od 100, odnosno 122 km.

Pošto su dva puta obletjeli Mjesec, Armstrong i Aldrin su prešli iz komandnog modula u Mjesečev brodić, a nešto kasnije brodovi su se razdvojili (100 s. 38 min. 48 sek.) brzinom od 3,7 km na sat. Na Mjesečevu modulu upaljena je retroraketa i brodić se spustio (101 s. 38 min. 48 sek.) na nižu putanju, 15 km iznad Mjesečeve površine. Tada je započelo najuzbudljivije spuštanje. Evo kratkih zapisa:

»Brodsko računalo neprekidno bljeska, preopterećenje, preopterećenje. — Ako tako nastavi pomućivat će važnije radove računala: proračunavanje visine i brzine, pa auto-pilot i astronaut neće pravilno alunirati. Armstrong se ne javlja. Prezaposlen je. Čuje se samo kako Aldrin očitava instrumente. — LM uporno stoji, sporo se spušta. 700 m. — Telemetrijski određena visina pokazuje spuštanje. — 600 m... 550 m... 500 m. — Računalo ponovno bljeska. Aldrin zlokobno šuti. Zatim mumlja, kao da se moli: — 250 m, propada 8 m u sek.; 200 m, propada 6; 160 m, propada 5; 150 m, propada 8; 120 m, propada 3. Visina 100 m, propada 1 m u sek. — Zloslutna šutnja. Na Zemlji je grobna tišina, zacijelo se nešto nepovoljna događa. Mjesečev se brodić ne spušta. Krenuo je vodoravno naprijed brzinom od 93 km na sat. Ovo nije bilo predviđeno programom.

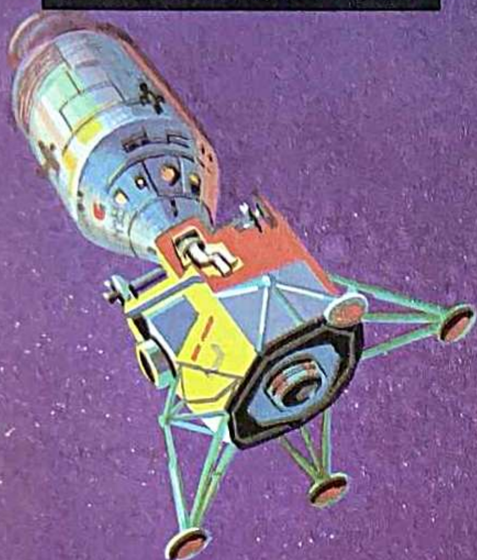
Napokon se napredovanje smanjilo. Brodić se opet spušta. — Visina 80, propada 1 m u sek., napreduje 4 m u sek. Visina 60, propada 1,5; visina 50, propada 2, napreduje 3. Visina 30 m . . . a tada se na kontrolnoj ploči upalila crvena žaruljica. Upalila se i u Houstonu na Zemlji. Ona opominje da još ima samo 5% goriva. Prema projektu brodić mora za 94 sekunde alunirati. Još 60 sekundi. . . — Ako ponestane goriva prije aluniranja, morat će se odbaciti donji dio brodića, koji je opremljen za spuštanje na Mjesec. Morat će se upaliti potisna raketa gornjeg dijela brodića i uzletjeti na parkirnu putanju oko Mjeseca i vratiti se na Zemlju neobavljena zadatka. Zar nakon ovako svečana polaska i pred milijunima televizijskih gledalaca!

PRVI PUT NA MJESEC

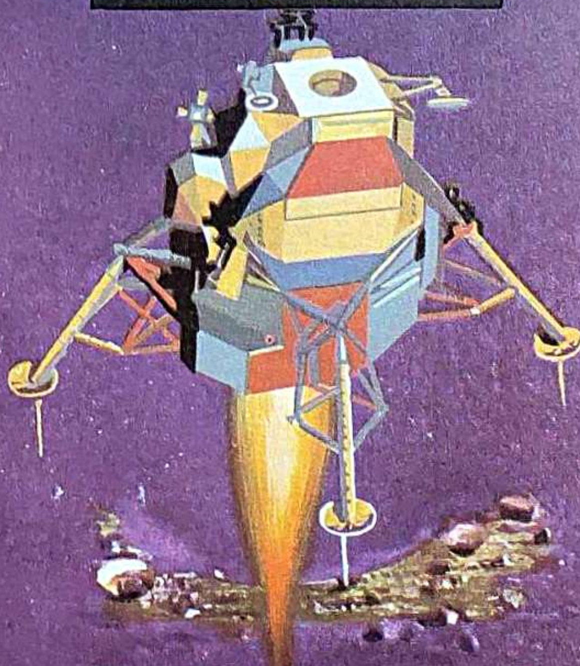


Apollo 11 odbacuje 1. stupanj Saturna, tornjić, plašt i 2. stupanj Saturna V, jer su rakete tih stupnjeva dogorjele

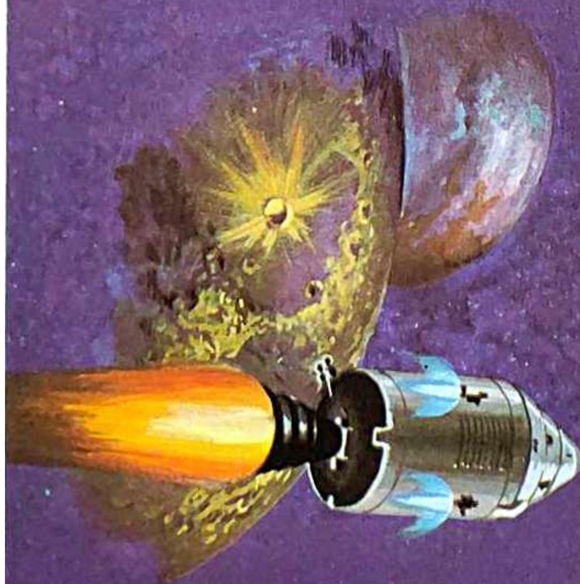
Upućen je motor 3. Saturnovog stupnja koji je brodu povećao brzinu i potisnuo ga određenom putanjom k Mjesecu



Armstrong i Aldrin prelaze iz komandnog modula u Mjesečev brod, na putanji 145 km iznad Mjesečevog ekvatora



Na visini od 600 m Armstrong motorom ugađa spuštanje i ubrzava kruženje kako bi se spustio iza strmog kratera



Collins, koji je kružio oko Mjeseca, prihvatio je drugove. Odbačen je Mjesečev brod, a modul se uputio k Zemlji



Kapsula ulazi u atmosferu određenim kanalom. Pod manjim bi kutem odskočila u svemir, a pod većim bi izgorjela







sečevim brodom
a, odbacuje štit-
tati svoj modul

Posada spaja komandni modul s Mjesečevim brodom i izvlači Mjesečev brod iz ležišta u trećem stupnju Saturna

Komandni modul, spojen s Mjesečevim brodom, posada ponovno okreće kako bi se Mjesečev brod našao ispred modula





na Mjesečevo
eizmjerno kru-
lazak Aldrina

Pošto su izvršili zadatke astronauti su ušli u brod i gornjim dijelom uzletjeli. Donji je dio broda ostao na Mjesecu

Mjesečev se brod vratio s Mjeseca i spojio s komandnim modulom. Astronauti se vraćaju u svoj komandni modul



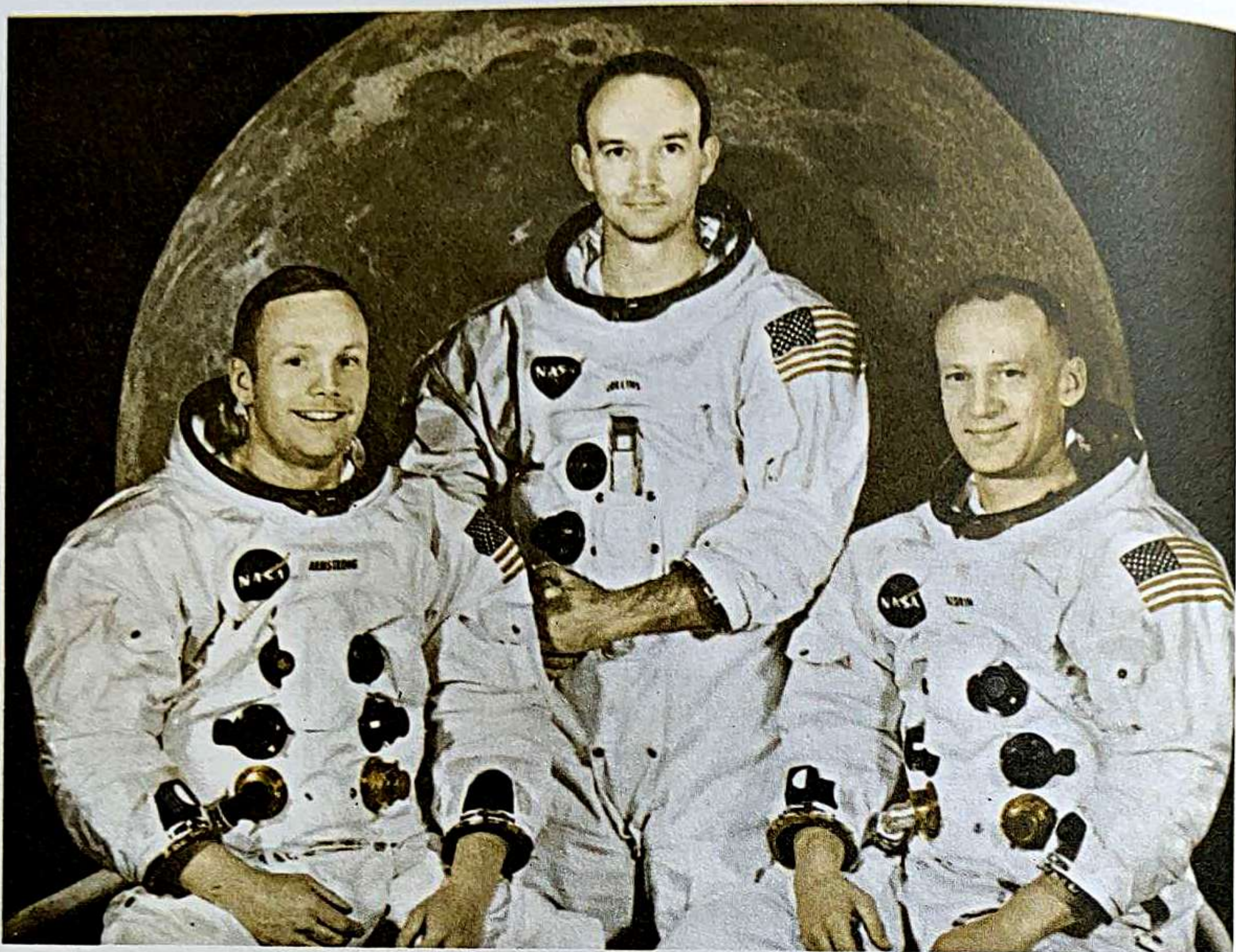




ednja je plo-
nca. Iza kap-
ni rep

U gušćoj atmosferi kapsuli se smanjuje brzina padobranima. Nakon pada uroni, baloni je izravnaju i brzo ispluta

Ljudi-žabe vezuju uz kapsulu gumene splavi. Astronaute diže mrežom helikopter i provozi ih na nosač aviona



Prvi ljudi na Mjesecu, posada letjelice »Apollo 11«, slijeva nadesno: Neil Armstrong, zapovjednik, Michael Collins, kapetan Mjesečevog broda i Edwin E. Aldrin jr. kapetan komandnog modula. Uzletjeli su 16. VII 1969, proboravili na Mjesecu 21 sat 36 min. i obletjeli Mjesec 30 puta, boravili su u svemiru 195 sati 18 min. 35 sek. i spustili se kod Havaja na Tihi ocean 24. VII 1969.

Napokon se oglasi Aldrin: — LM polagano propada 8 m u sek. Niže. Niže. Visina 13 m, propada 0,8 m u sek. Vidim sjenu brodićevih nogu na tlu. Idemo 1,3 m u sek. naprijed, nešto nas zanaša udesno. — Goriva ima još samo za 35 sekundi i neuspjeh — promrmlja kontrolor u Houstonu. Direktor projekta u centru na Zemlji šapuće: Niže, niže, Neile! — Sekundna kazaljka prkosno skakuće. Opet se javlja Aldrin: — Zanaša nas naprijed i udesno. — Zatim, 20 sekundi prije odsudnog trenutka odjeknu Aldrinov glas — lak dodir! — a poslije dvije sekunde uzvik: O. K. Zaustavio se motor!

Čuje se poruka sa Zemlje: — »Houston zove More tišine. Čuli smo, na tlu ste. Ponovno dišemo. Neizmjerna vam hvala.« Bilo je to 20. VII 1969. (102 s. 45 min. 42 sek.). Mjesec je osvojen kad je Neil Armstrong stupio (109 s. 24 min. 11 sek.) nogom na Mjesečevo tlo. Više milijuna televizijskih gledalaca uzbuđeno je promatralo prvi korak. Malen korak za čovjeka, golem korak za čovječanstvo. Poslije 20 min. na Mjesečevo tlo stupio je i Aldrin.

Pošto su za boravka od 2 sata i 20 min. na Mjesecu provjerili uređaje na Mjesečevu modulu, obavili zadatke na tlu i uzeli 31,5 kg uzoraka prašine i kamenja, astronauti su ušli u svoj brodić i za sobom zatvorili vrata. Prije odlaska još jednom su otvorili vratašca i izbacili iz broda svu opremu koju, zbog štednje na težini, neće ponijeti sa sobom. Seizmograf, namješten na Mjesecu, koji je ostao na njemu, zabilježio je udarce od pada tih predmeta i prenio signale na Zemlju. Na Mjesecu je ostalo više od milijun dolara vrijedne opreme (kino-kamere, fotografski aparati, aparati sa skafandra itd.). Osim seizmografa, koji će bilježiti i javljati potrese na Mjesecu, ostavljen je i laserski reflektor, koji će laserske zrake, odaslane sa Zemlje, odrazivati i vraćati ih odašiljaču radi točnog mjerenja daljine Mjeseca od Zemlje. Astronauti su na Mjesecu razapeli i jedan zastor kojim su hvatane čestice Sunčeva vjetra, ali zastor je zbog ispitivanja ukrcan i prevezen na Zemlju. Na Mjesecu su, osim toga, ostavljene i uspomene. Na jednoj nozi donjeg dijela brodića još stoji pločica sa napisom: »Došli smo u miru u ime cijelog čovječanstva.« Ostavljen je i grb

Apolla 1 u kojem su izgorjeli Grissom, White i Chaffee, te dvije medalje na spomen Gagarinu i Komarovu, koji su se žrtvovali radi svemirskih istraživanja.

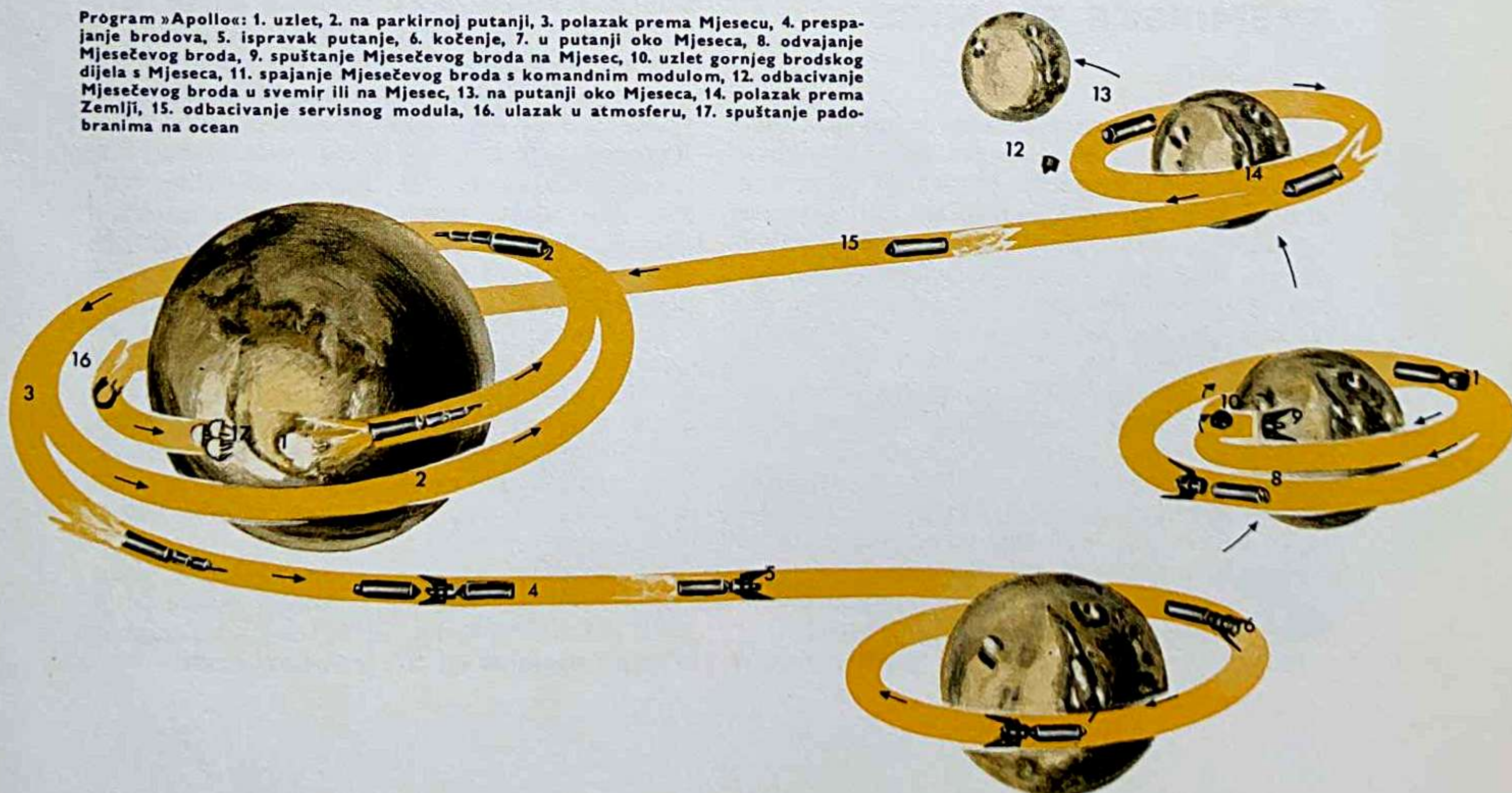
Pošto se ukrcala u brodić, posada je uputila raketni motor gornjeg dijela Mjesečeva modula (124 s. 23 min. 21 sek.), koji je uzletio i za 8 min. digao se na kružnu putanju, a nakon toga spojio se s komandnim brodom (128 s. 00 min. 00 sek.). Collins, koji je, kao najosamljeniji čovjek u Sunčevu sistemu, kružio oko Mjeseca u parkirnoj putanji, odmah se uvukao u spojni tunel da stiskom ruke pozdravi došljake s Mjeseca. Uskoro su se sva tri astronauta, s uzorcima Mjesečeva tla našla u komandnom modulu, a Mjesečev brodić su odbacili (131 s. 53 min. 06 sek.) i ostavili ga u svemiru. Nakon toga (135 s. 24 min. 35 sek.) Collins je uputio raketni motor servisnog modula i tako povećao brzinu za 1004 m u sek., te krenuo na dug put od 60 sati prema Zemlji. Idućeg dana neznatno je ispravljena putanja telemetrijski sa Zemlje, a 24. VII odvojila se (194 s. 50 min. 05 sek.) komandna kabina od servisnog modula, koji je doskora izgorio. Poslije četvrt sata (195 s. 05 min. 05 sek.) Apollo 11 ulazi, točno određenim kanalom, u gušće slojeve atmosfere brzinom od 11 032 m u sek., a poslije 13 minuta spustio se sa tri padobrana na Tihi ocean, oko 950 nautičkih milja jugozapadno od Honolulua (Hawaii). Tu ih je dočekao nosač aviona *Hornet*. Jedan za drugim astronauti su dignuti mrežom u helikopter, koji ih je prevezao na palubu *Horneta*. Tu su, u posebnim nepropusnim odijelima i s maskama na licu, srdačno, ali izdaleka dočekani, spušteni su pod palubu, gdje su prešli u karantensku nepropusnu kućicu kako ne bi Mjesečevim mikroorganizmima zarazili Zemlju. Tek 10. VIII pušteni su iz karantenske kućice. Međutim, je ustanovljeno da oprez nije bio nuždan, jer na Mjesecu nema nikakvih živih bića.

Apollo 12 uzletio je 14. XI 1969. i letio prema Mjesecu, slično kao Apollo 11. Charles Conrad i Alan Bean spustili su se na Mjesec na »More oluja«, nedaleko od mjesta gdje je od 1967. automatska stanica *Surveyor 3*. Postavili su na Mjesecu znanstvene instrumente, prikupili su uzorke tla i uzletjeli. Snimili su područje Fra Mauro, gdje bi trebalo da se spusti Apollo 13.

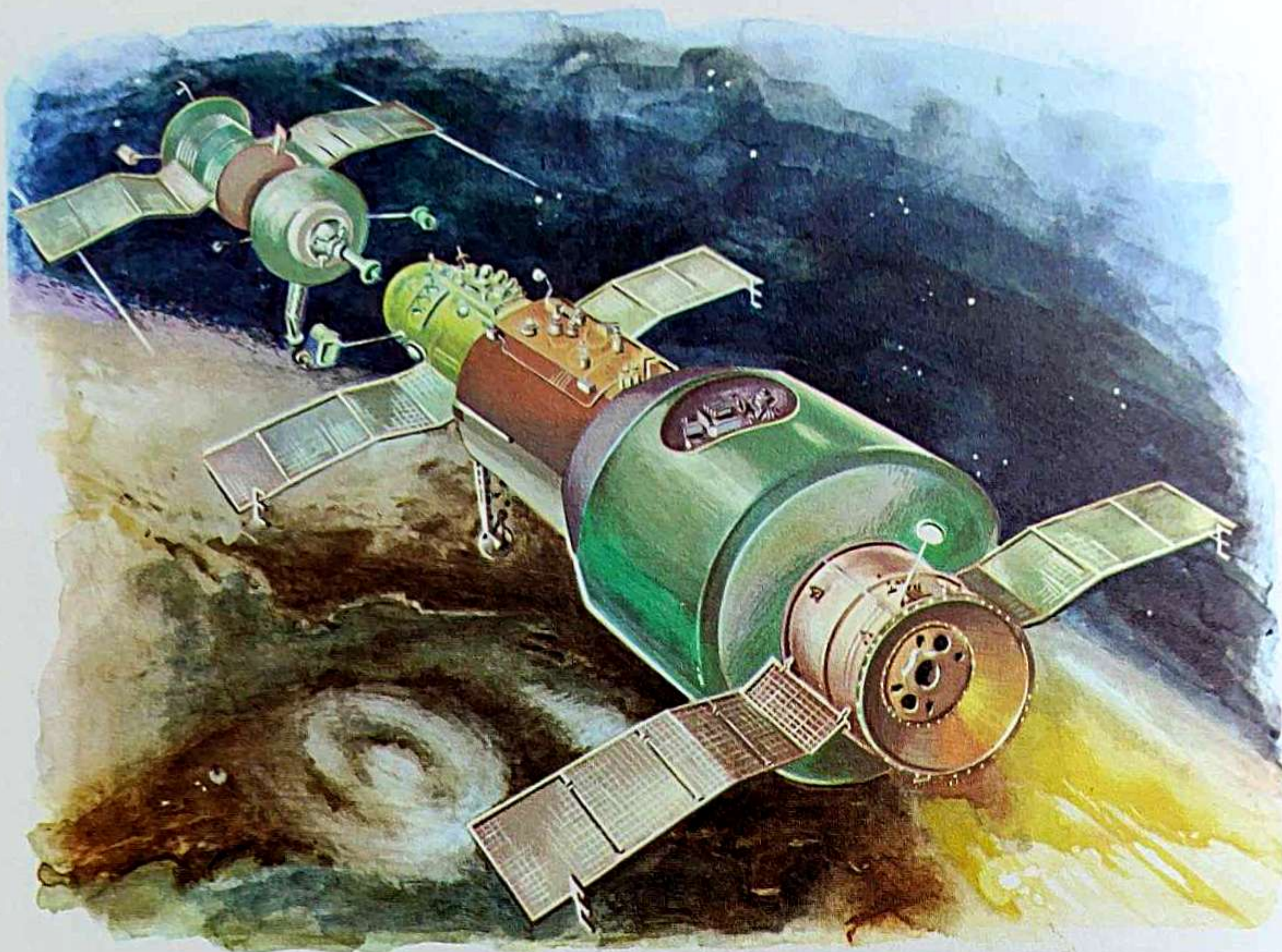
Apollo 13 uzletio je 11. IV 1970. James Lovell, John Swigert i Fred Haise nisu imali sreće. Poslije 56 sati leta prema Mjesecu, eksplodirao je spremnik tekućeg kisika i morao se promijeniti plan leta. Unatoč opasnim kvarovima kapsula se 17. IV spustila na Tihi ocean neobavljena zadatka.

Apollo 14 uzletio je 31. I 1971. i letio kao prijašnji brodovi. Alan Shepard i Edgar Mitchell spustili su se na Mjesec, postavili znanstvene instrumente, obišli područje Fra Mauro i prikupljali geološke uzorke. Proboravili su na Mjesecu $33\frac{1}{2}$ sata.

Apollo 15 uzletio je 26. VII 1971. i letio slično kao prijašnji brodovi. David Scott i Alfred Worden spustili su se na Mjesec, na »More kiša«. Elektromobilom *Rover 1* obilazili su šire područje. Prikupili su 77 kg geoloških uzoraka. Uzletjeli su, izbacili su 35 kg težak subsatelit, a Worden je izišao iz kapsule i proboravio 20 min. u svemiru (v. str. 360).



Program »Apollo«: 1. uzlet, 2. na parkirnoj putanji, 3. polazak prema Mjesecu, 4. prespajanje brodova, 5. ispravak putanje, 6. kočenje, 7. u putanji oko Mjeseca, 8. odvajanje Mjesečevog broda, 9. spuštanje Mjesečevog broda na Mjesec, 10. uzlet gornjeg brodskog dijela s Mjeseca, 11. spajanje Mjesečevog broda s komandnim modulom, 12. odbacivanje Mjesečevog broda u svemir ili na Mjesec, 13. na putanji oko Mjeseca, 14. polazak prema Zemlji, 15. odbacivanje servisnog modula, 16. ulazak u atmosferu, 17. spuštanje padobranima na ocean



Približavanje svemirskog broda »Sojuz 10« (brzinom od 1 m u sek. neposredno prije spajanja) putanjskoj stanici »Saljut 1«. U velikom »Saljutu«, s volumenom od 30 m^3 nije bilo posade, ali je on imao mnogo zaliha hrane, kisika, vode, veći kapacitet električne energije i dr. Buduće svemirske stanice bit će još veće. Lansirat će se one izrađene na Zemlji, ili će se sastavljati u svemiru spajanjem dijelova dopremljenih sa Zemlje. Možda će sastavljene stanice težiti više stotina pa i tisuća tona. U njima će biti meteorološki i astronomski opservatoriji, znanstveni laboratoriji, svemirske radionice i male tvornice. Opremit će se i uporišta za buduće letjelice, koje će odlijetati na druge planete. Posade će se redovito izmjenjivati, a prevozit će ih svemirski trajekti

SVEMIRSKE STANICE

Pošto je ovladao svemirskom tehnikom i osvojio Mjesec, čovjek se mora postepeno privikavati na život i rad u kozmosu. Boravak u svemiru još se broji samo satima i danima, ali radi znanstvenih motrenja i obavljanja nekih tehničkih radnja, trebalo bi živjeti i raditi u svemiru više mjeseci. Astronomskim motrenjima smeta atmosfera, koja je i sve zagađenija. Kad bi se teleskop prenio u svemir, astronomi bi mogli otkriti mnogo neslućenih novosti. Učenjaci i inženjeri tvrde, da bi se moglo izraditi čudesnih tvari, kad bi se laboratoriji i radionice izgradile u zrakopraznom i bestežinskom prostoru. Sa svemirske stanice lakše je i uzletjeti, jer ne treba nadvladavati silu teže, a ne treba se ni probijati kroz guste slojeve atmosfere kao na Zemlji. Svemirske stanice mogle bi poslužiti i kao uporišta i odmorišta na dugim svemirskim putovanjima.

Stoga je razumljivo da se već grade svemirske stanice. Prva je uzletjela sovjetska stanica *Saljut 1*. Ona je od 19. IV 1971. kružila oko Zemlje sve dok nije napuštena. U njoj je bio slobodan prostor od 30 m^3 za život i rad 3 kozmonauta. (Kapsula *Sojuz 10* imala je prostor od samo 9 m^3.) Raspolagala je zalihama hrane, vode, zraka i drugih potreba. Imala je izvore električne energije veće snage, laboratorij za rad, opremu i namještaj za udoban boravak. Budući putanjske stanice bit će još veće i uz njih će pristajati Sojuzi kao uz neke svemirske otoke.

Izrađuju se i američke svemirske postaje. Nazivaju se *Skylab* (od Sky, č. skaj = nebo i Lab od Laboratory). Iskušavaju se u golemom basenu sa 50 milijuna litara vode, gdje su astronauti, obučeni kao akvanauti, toliko opterećeni da im je uzgon u vodi ravan nizgonu. Oni se tako uvježbavaju za dio radova, koje će obavljati u svemirskom bestežinskom stanju.

Stanica *Skylab* duga je 25 m, a ukupna joj je masa 72 000 kg. Raketa Saturn V izbacit će je 1973. u kružnu putanju na 423 km od Zemlje, s orbitnim nagibom od 50° prema ekvatoru.

Nakon dolaska na kružnu putanju oko Zemlje, *Skylab* će se u roku od 7½ sati automatski okrenuti prema Suncu, rasklopit će prostrane plohe sa sunčanim ćelijama i ispunit će se kisikom, pod određenim tlakom, prostor u pristanišnom modulu, u laboratoriju i u stambenoj prostoriji.

Sutradan, poslije uzleta prvog Saturna, uzletjet će drugi Saturn i izbacit će svemirski brod Apollo s tri kozmonauta, na prelaznu putanju od 153—216 km. Astronauti će manevrirati Apollom kako bi se približili Skylabu, i spojit će se s njim. Od toga trenutka oni će raspolagati 50 puta većim prostorom za svemirska znanstvena istraživanja, a imat će i teleskop za astronomska motrenja.

Američki svemirski stručnjaci predviđaju da će posade boraviti i raditi u Skylabu, u početku oko 28, a kasnije i do 56 dana. Pitanje je samo da li će ljudi moći, bez loših posljedica, boraviti tako dugo u bestežinskom stanju. Možda će se sila teža morati nadomjestiti centrifugalnom silom, koja bi se stvorila pogodnim obrtanjem Skylaba oko neke osi. Svakako NASA je učinila sve što je bilo moguće, da život u svemirskoj putanjskoj stanici bude što udobniji.

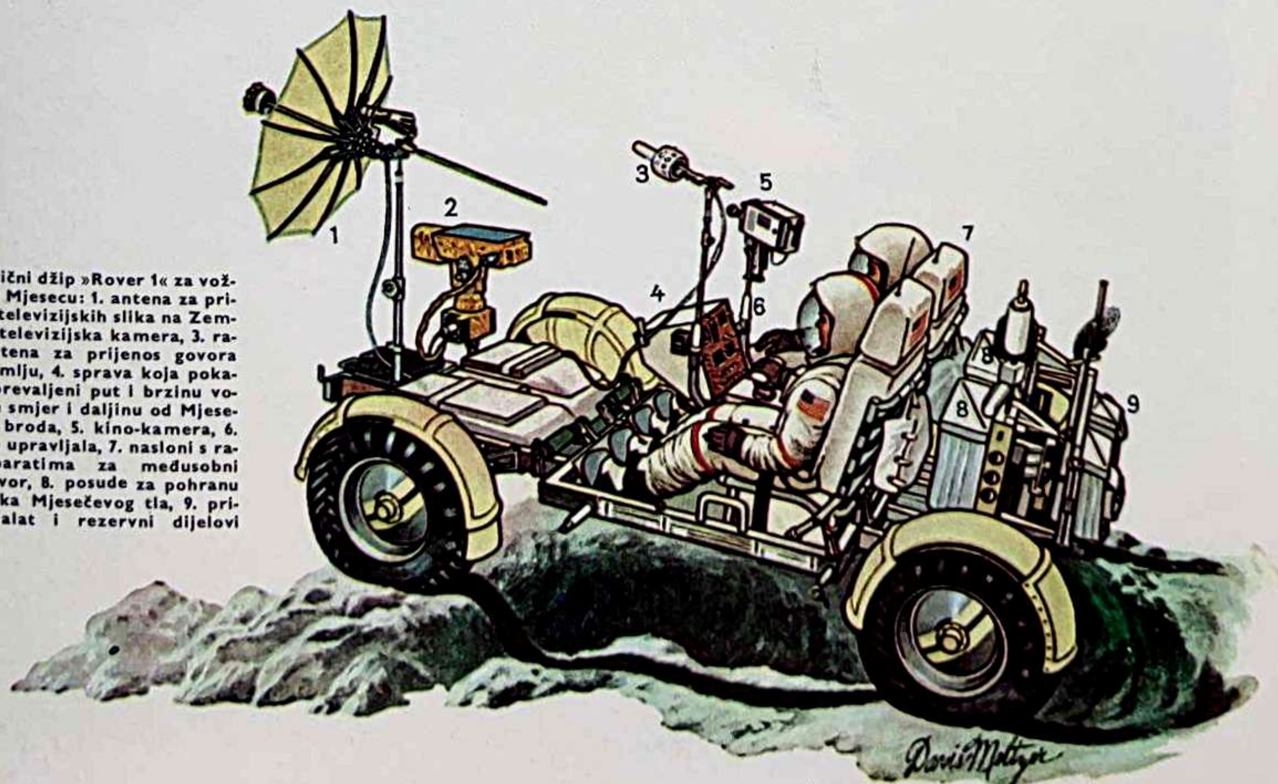
Unutrašnjost Skylaba uredio je stručnjak za unutrašnju arhitekturu Raymond Loewy. On je velike prostorije podijelio lakim pregradama, kako bi se svaki član posade osjećao u kabini kao u svojoj sobici. I donji kat, gdje se astronauti najdulje zadržavaju, uredio je više kao intimni stan, nego kao veliku radnu dvoranu. U stijeni je probušeno i okno, kako bi posada mogla objedovati uz prirodnu svjetlost Zemlje.

SVEMIRSKI TRAJEKTI

Sve američke i sovjetske rakete, kojima se lansiraju svemirski brodovi, izgore u atmosferi nakon obavljena zadatka. Kapsule *Apollo* i *Sojuz* vraćaju se, doduše, na Zemlju, ali se mogu upotrijebiti samo jedanput. Budući da su troškovi golemi, projektiraju se dvodjelne letjelice posve nove vrste. Sa Zemlje bi uzletjele vertikalno, manja tzv. *kozmoplan* (velik poput »Caravelle«) na hrptu veće rakete, koja se naziva *booster* (č. buster), koji je velik kao »Boeing 747«. Booster će letjeti brzinom od 11 200 km na sat do visine od oko 60 km, gdje će odbaciti kozmoplan i vratiti se na sletnu stazu. Kozmoplan će nastaviti putovanje svojim motorima do putanje od 185—1480 km i ostat će u svemiru do 7 dana, a nakon obavljenih zadataka vratit će se na sletnu stazu aerodroma. Kozmoplani će možda pristajati uz svemirske stanice i služit će kao svemirski trajekti za prijevoz astronauta između Zemlje i svemirskih stanica.

Očekuje se da će troškovi za 50 letova godišnje, istim boosterom i kozmoplanom, stajati manje nego jedan jedini let velike rakete »Saturn V«. (Jednu vrstu boostera s kozmoplanom trajektom prikazuje slika na strani 312.)

U SAD se već tri tvornice bave projektima za tri različite vrste svemirskih trajekata, jer se predviđa da će se posade *Skylaba* mijenjati svakih 28 dana. Posadu prvog Skylaba čine Charles Conrad, dr Joseph Kerwin i Paul Weltz.



Električni džip »Rover 1« za vožnje po Mjesecu: 1. antena za prijenos televizijskih slika na Zemlju, 2. televizijska kamera, 3. radio-antena za prijenos govora na Zemlju, 4. sprava koja pokazuje prevaljeni put i brzinu vozila te smjer i daljinu od Mjesečevog broda, 5. kino-kamera, 6. ručice upravljala, 7. nasloni s radio-aparatima za međusobni razgovor, 8. posude za pohranu uzoraka Mjesečevog tla, 9. pribor, alat i rezervni dijelovi

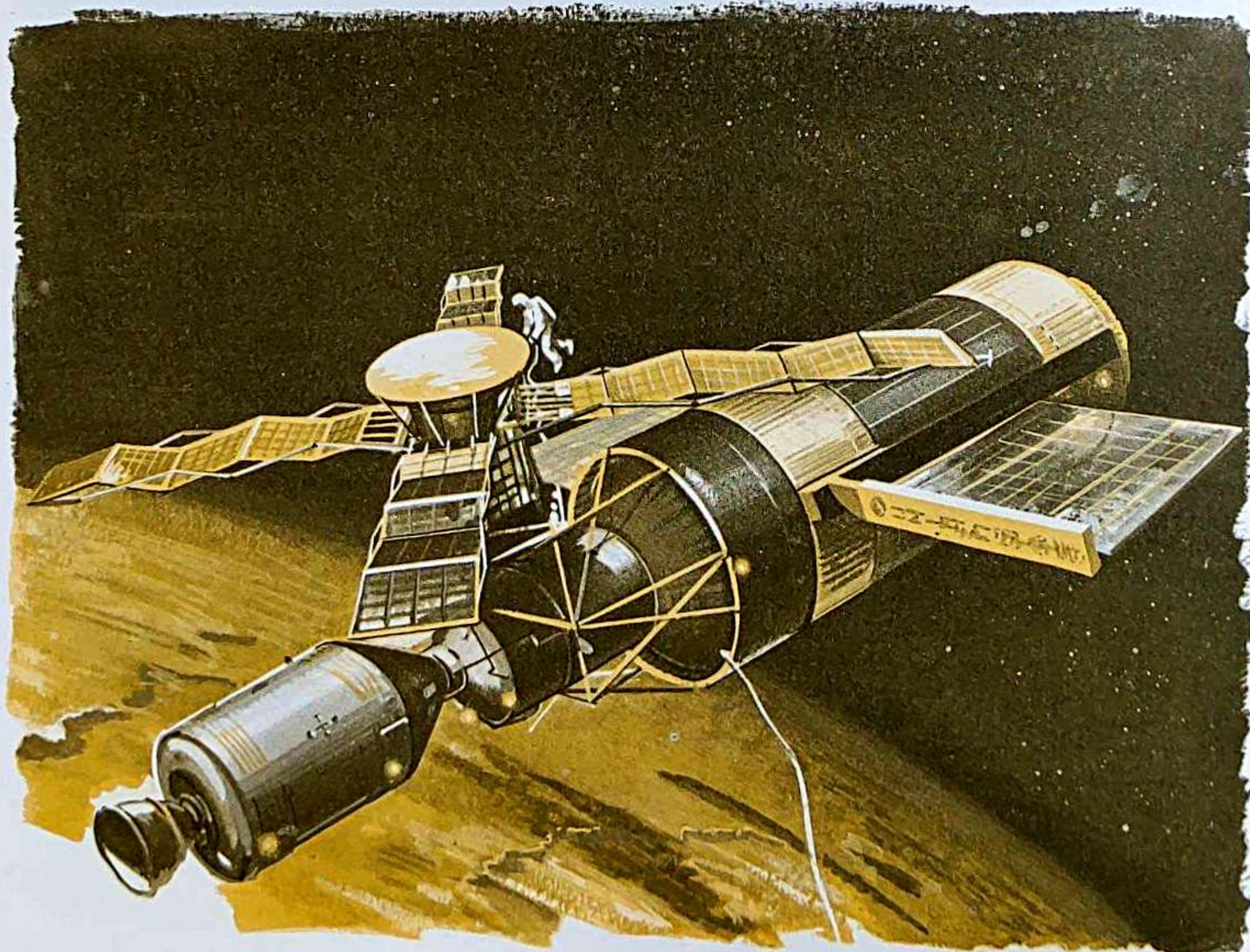
U POTRAZI ZA NOVIM RAKETAMA

Prije uzleta, za leta i za vraćanja letjelica treba obavljati veoma mnogo složenih proračuna, koji se mogu brzo i navrijeme izračunati samo elektroničkim uređajima. Oni su, s upravljačkim sistemom, mozak svemirskog broda i najsavršenija tvorevina ljudskog uma. Gotovo da nema njima ravna proizvoda u drugim granama tehnike. Na žalost, ograničeni prostor u ovoj knjizi ne dopušta ni da se približno opišu glavne metode astronautike.

U ovim su tumačenjima veoma pojednostavljene metode »pilotiranja« u svemiru. Treba samo pomisliti da raketa uzlijeće sa Zemlje koja se okreće oko Sunca, da kapsula putuje prema Mjesecu koji se giba oko Zemlje, da se raketa obrće oko Zemlje, oko Mjeseca i s njima oko Sunca i odmah se nazrijeva složenost astronautike. Pilot sve to osjeća, ali ga još poprijeko zanosi i tzv. Coriolisova sila. Kako se astronauti gibaju u lakoj kapsuli, ona se od reakcije pomiče u protivnom smjeru. Ako se još doda i bestežinsko stanje, koje ošamućuje posadu, posve je razumljivo da ni najvještiji astronaut, bez pomoći računala sa Zemlje, ne može točno poznavati ni položaj kapsule u svemiru, ni brzinu, ni smjer, ni sile koje na nju djeluju. Astronaut, dakle, nije kapetan u punom smislu riječi. Tek kada se izrade rakete koje će djelovati neprekidno danima, mjesecima i godinama, od Zemlje do dalekih planeta i natrag, astronaut će sam voditi svoj svemirski brod kao što pilot vodi avion. Zasad se svi astronauti još upravljaju samo prema Newtonovim zakonima nebeske mehanike.

Svemirski brodovi, koji će imati pogonski uređaj sa stalnim i neprekidnim djelovanjem kao pomorski brodovi i avioni, upravljat će se prema Einsteinovoj teoriji relativnosti.

Američkim je svemirskim programom predviđeno da se 1973. odašalje, u putanju oko Zemlje, svemirska postaja »Skylab« (od Sky, nebo i Laboratory, laboratorij). »Skylab« (masa 72 000 kg, duljina 35 m) bit će sastavljena: 1. od kućišta s teleskopom ATM (Apollo Telescope Mount) s četiri plohe sunčanih ćelija. U njemu će biti i automatski teleskop; 2. od višestrukog uređaja za pristajanje MDA (Multiple Dockig Adapter) sa dva otvora za spajanje brodova »Apollo«. Pošto se brod spoji s MDA, astronauti će, kroz provlaku AM (Airlock Module) preći u putanjsku radionicu OWS (Orbital Work Shop), koja ima dva velika krila sa sunčanim ćelijama, a u udobnoj je unutrašnjosti 50 puta više prostora nego u »Apollu«. U njoj su laboratorij, kabine, praonica, sprema i dr.



LETOVI SVEMIRSKIH BRODOVA S LJUDSKOM POSADOM

12. IV 1961. »Vostok 1«, SSSR
Jurij Gagarin letio je 108 min. i obletio jedan krug oko Zemlje Prvi čovjek u svemiru.

5. V 1961. »Mercury 3«, SAD
Alan Shepard (Alen Šepard) letio je 15 min. 22 sek. ali samo u suborbitskom letu do visine od 185 km i spustio se na Atlantski ocean. Prvi američki let čovjeka u raketi.

21. VII 1961. »Mercury 4«, SAD
Virgil Grissom (Virdžil Grisom) letio je 15 min. 37 sek. u suborbitskom letu do visine od 283 km, iskušavao je pogonske i upravljačke uređaje i spustio se na Atlantski ocean.

6. VIII 1961. »Vostok 2«, SSSR
German Titov letio je 25 sati 18 min. i obletio 17 puta Zemlju. Bio je to prvi cjelodnevni let oko Zemlje.

20. II 1962. »Mercury 6«, SAD
John Glenn (Džon Glen) letio je 4 sata 55 min. 23 sek. i obletio Zemlju tri puta. Prvi let američkog svemirskog broda s ljudskom posadom putanjom oko Zemlje.

24. V 1962. »Mercury 7«, SAD
Malcom Scott Carpenter (Malkom Skot Karpenter), letio je 4 sata 56 min. 05 sek. i obletio Zemlju tri puta. Iskušavao je upravljačke i navigacijske sprave u svemirskom brodu te veze s kontrolnim središtem u bazi.

11. VIII 1962. »Vostok 3«, SSSR
Andrijan Nikolajev letio je 94 sata 09 min. 59 sek. i obletio Zemlju 62,5 puta. Bio je to prvi let u grupi dvaju brodova. Letio je uz »Vostok 4«.

12. VIII 1962. »Vostok 4«, SSSR
Pavel Popovič letio je 70 sati 43 min. 48 sek. i obletio Zemlju 48,5 puta. Bio je to prvi grupni let svemirskih brodova. Letio je nedaleko od »Vostoka 3« koji je lansiran dan prije.

3. X 1962. »Mercury 8«, SAD
Walter Schirra (Volter Šira) letio je 9 sati 13 min. 11 sek. i obletio Zemlju šest puta. Iskušavao je brodske uređaje radi usavršavanja, kako bi se produljio boravak ljudi u svemiru.

15. V 1963. »Mercury 9«, SAD
Leroy Gordon Cooper (Kuper) letio je 34 sata 19 min. 49 sek. i obletio Zemlju 22 puta. Ovim su letom dovršeni svi zadaci određeni programom »Mercury«. Cjelodnevni put oko Zemlje.

14. VI 1963. »Vostok 5«, SSSR
Valerij Bikovskij letio je 119 sati 06 min. i obletio Zemlju 81 put. Drugi grupni let pokraj »Vostoka 6«, koji je lansiran 16. VI 1963.

16. VI 1963. »Vostok 6«, SSSR
Valentina Tereškova letjela je 70 sati 40 min. 48 sek. i obletjela Zemlju 48 puta. Prva žena u svemiru. Letjela je u grupnom letu nedaleko od »Vostoka 5«. Bio je to posljednji let svemirskih brodova tipa »Vostok«.

12. X 1964. »Voshod 1«, SSSR
Vladimir Komarov (pilot), Kostantin Feoktistov (tehničar) i Boris Jegorov (liječnik) letjeli su 24 sata 17 min. 03 sek. i obletjeli Zemlju 16 puta. Bio je to prvi svemirski brod s tri člana posade.

18. III 1965. »Voshod 2«, SSSR
Pavel Beljaev i Aleksej Leonov letjeli su 26 sati 02 min. 17 sek. i obletjeli Zemlju 17 puta. Leonov je prvi kozmonaut koji je izišao iz svemirskog broda i zadržao se u svemiru 20 min. na otvorenom prostoru.

23. III 1965. »Gemini 3«, SAD
Virgil Grissom i John Young (Džon Jang) letjeli su 4 sata 52 min. 31 sek. i obletjeli Zemlju tri puta. Bio je to prvi američki let programa »Gemini« s dva člana posade, a Grissom je prvi bio dvaput u svemiru.

3. VI 1965. »Gemini 4«, SAD
James McDivitt (Džems Mekdivit) i Edward White (Edvard Vajt) letjeli su 97 sati 56 min. 12 sek. i obletjeli Zemlju 62 puta. White je 20 min. proboravio izvan broda u svemiru. S pomoću raketnog pištolja mijenjao je položaj u odnosu na svemirski brod. Prvo uspješno ručno manevriranje brodom. Spustili su se 7. VI 1965.

21. VIII 1965. »Gemini 5«, SAD
Leroy Gordon Cooper i Charles Conrad (Čarls Konrad) letjeli su 190 sati 55 min. 14 sek. Za osmodnevnog leta obletjeli su Zemlju 120 puta i dokazali sposobnost čovjeka za dulji boravak u svemiru. Spustili su se 29. VIII 1965.

4. XII 1965. »Gemini 7«, SAD
Frank Borman (Frenk Bormen) i James Lovell (Džems Lavel) letjeli su 330 sati 35 min. 01 sek. Za 14 dana obletjeli su Zemlju 206 puta. Obavili su prvi susret u svemiru (s brodom »Gemini 6A«). Brodovi su se približili na razmak od 30 cm. »Gemini 7« spustio se 18. XII 1965. nakon dotad najduljeg leta.

15. XII 1965. »Gemini 6A«, SAD
Walter Schirra i Thomas Stafford letjeli su 25 sati 51 min. 24. sek. i obletjeli Zemlju 16 puta. Prvi susret u svemiru (s brodom »Gemini 7«). Brodovi su se približili na razmak od samo 30 cm.

16. VI 1966. »Gemini 8«, SAD
Neil Armstrong i David Scott (Dejvid Skot) letjeli su 10 sati 41 min. 26 sek. i obletjeli Zemlju 6,5 puta. U petom krugu spojili su se s raketom »Agena« koja je lansirana 1 sat 40 min. prije »Geminija 8«. Zbog kratkog spoja u električnoj opremi prekinut je let nakon 6,5 obleta oko Zemlje. Vratili su se 17. III 1966. prije predviđenog roka.

3. VI 1966. »Gemini 9A«, SAD
Thomas Stafford i Eugene Cernan (Judžin Sernan) letjeli su 72 sata 20 min. 50 sek. i obletjeli Zemlju 45 puta. Tri su se puta susreli s raketom »Agena«, koja je lansirana neposredno prije »Geminija 9A«, ali im nije pošlo za rukom da se s njom spoje, jer se zbog kvara nije mogao odbaciti zaštitni plašt s prednjeg dijela »Agene«. Za proizvodnju električne energije prvi su put upotrijebljene gorivne ćelije. Cernan je proboravio izvan broda 2 sata 7 min. Spustili su se 6. VI 1966.

18. VII 1966. »Gemini 10«, SAD
John Young (Džon Jang) i Michael Collins (Majkl Kolins) letjeli su 70 sati 46 min. 39 sek. i obletjeli Zemlju 43 puta. Najprije se »Gemini 10« spojio s »Agenom 10« (lansirana 100 minuta prije »Geminija 10«) i, koristeći njezino gorivo i njezin pogonski uređaj, prešao na višu putanju. Zatim se, nakon odvajanja, susreo s drugom »Agenom« koja je prije četiri mjeseca, nakon susreta s brodom »Gemini 8«, ostala na parkirnoj putanji. Brodovi su letjeli na razmaku od oko 1,5 m. Collins je izišao iz »Geminija 10« te za boravka od 30 min. u slobodnom prostoru prišao »Ageni«. Skinuo je stari uređaj koji je na »Ageni« bilježio svemirsku prašinu nakupljenu za četveromjesečnog boravka u svemiru, i postavio novi. Bio je to prvi uspješan prelazak čovjeka od jednog do drugog tijela u svemiru na putanji oko Zemlje. Collins je proboravio izvan broda ukupno 92 min. Bijaše to prvo korištenje broda cilja (»Agene 10«), kao izvora pogonske energije nakon spajanja i novi rekord visine od 780 km. »Gemini 10« spustio se na Zemlju 21. VII 1966.

12. IX 1966. »Gemini 11«, SAD
Charles Conrad i Richard Gordon (Ričard Gordon) letjeli su 71 sat 17 min. 08 sek. i obletjeli Zemlju 44 puta. »Gemini 11« spojio se s raketom »Agena« već potkraj njezina prvog obleta oko Zemlje. (Prvo spajanje za prvog obilaska.) Spojeni brodovi prešli su na eliptičnu putanju s apogejom od 1365 km (novi visinski rekord). Prvo višestruko spajanje. Nakon razdvajanja »Gemini 11« vratio se na Zemlju 15. IX 1966. posve automatski bez ručnog upravljanja.

11. XI 1966. »Gemini 12«, SAD
James Lovell i Edwin Aldrin (Edvin Oldrin) letjeli su 94 sata 34 min. 31 sek. i obletjeli Zemlju 59 puta. Vježbali su brze susrete i brza spajanja u svemiru. Aldrin je proboravio 5 sati 20 min. u slobodnom prostoru i prvi obletio Zemlju izvan svemirskog broda (prvi čovjek satelit). Prvi put je snimana pomrčina Sunca iz svemira. »Gemini 12« spustio se na Zemlju 15. XI 1966. Pošto su ispunjeni svi predviđeni zadaci, ovo je bio posljednji let programa »Gemini«.

23. IV 1967. »Sojuz 1«, SSSR
Vladimir Komarov, letio je 26 sati 40 min. i obletio Zemlju 18 puta. Iskušavao je svojstva prvog »Sojuza«, broda nove vrste koji može ponijeti tri kozmonauta u putanju oko Zemlje, može se spojiti sa »Saljutom« svemirskim brodom novog tipa, kako bi se izgradila Zemljina putanjska postaja. Pokusni je let završio teškom nesrećom, jer su pri povratku na Zemlju zakazali padobranski uređaji i Vladimir Komarov je 24. IV 1967. poginuo.

11. X 1968. »Apollo 7«, SAD
Walter Schirra, Donn Eisele (Don Ajsel) i Walter Cunningham (Volter Kaningem) letjeli su 260 sati 08 min. 45 sek. (približno 11 dana) i obletjeli Zemlju 163 puta. Bio je to prvi let »Apolla« s posadom. Iskušavani su svi uređaji. Glavni je motor paljen, gašen i ponovno paljen osam puta (0,4 do 1 min) radi uvježbavanja ispravaka putanje. Vježban je i susret s drugim stupnjem »Saturna IV B«, koji je kružio oko Zemlje. Brod je tri puta mijenjao putanju, a prije ulaska u atmosferu upaljen je motor servisnog modula, i pošto je radio 10 sek. on je odbačen. Otad je Schirra upravljao ručno kapsulom do kraja leta. Kapsula »Apolla 7« spustila se s posadom 22. X na Atlantski ocean, oko 460 km južno od otočja Bermuda.

26. X 1968. »Sojuz 3«, SSSR
Georgij Beregovoj letio je 94 sata 51 min. i obletio Zemlju 64 puta. Uspješno je uvježbavao susret sa »Sojuzom 2«, koji je lansiran dan prije bez posade, prilazio mu i odaljavao se od njega, ali se nije spojio s njim. Nakon uspješno izvršenih zadataka spustio se na Zemlju 30. X 1968.

21. XII 1968. »Apollo 8«, SAD
Frank Borman, James Lovell i William Anders (Vilijem Enders) letjeli su 147 sati 00 min. 41 sek. i obletjeli Zemlju dva puta, zatim su odletjeli k Mjesecu i obletjeli ga 10 puta. (Prvi let ljudi oko drugog nebeskog tijela.) Fotografirali su Zemlju, Mjesec i zvjezdano nebo. Snimali su i televizijskom kamerom, a snimke predavali na Zemlju. Uspješno su ušli u atmosferu drugom Zemljinom kozmičkom brzinom i spustili se 27. XII na površinu Tihog oceana.

14. I 1969. »Sojuz 4«, SSSR
Vladimir Šatalov letio je 71 sat 22 min. i obletio Zemlju 49 puta. Poslije dva dana (16. I) manevrirao je s pomoću auto-

matskog upravljačkog uređaja radi susreta sa »Sojuzom 5«, koji je lansiran 15. I. Posljednjih 100 m prije spoja Šatalov je upravljao brodom ručno. Nakon uspješnog spoja kozmonauti Jelisejev i Hrunov napustili su »Sojuz 5«, i nakon boravka od 60 min. izvan broda gdje su obavljali neke montažne radove, prešli su u »Sojuz 4«. Nakon četiri i pol sata zajedničkog kruženja brodovi su se razdvojili, a »Sojuz 4« spustio se s tri kozmonauta na Zemlju u Kazahstanu.

15. I 1969. »Sojuz 5«, SSSR

Boris Volynov, Aleksej Jelisejev i Evgenij Hrunov letjeli su 72 sata 40 min. i obletjeli Zemlju 49 puta. Dan poslije lansiranja (16. I) uvježbavali su susret sa »Sojuzom 4« automatskim upravljačkim uređajem. Posljednjih 100 m prije spoja Šatalov je upravljao »Sojuzom 4« ručno. Pošto su se brodovi spojili, Jelisejev i Hrunov su izišli u svemirskim odijelima iz »Sojuza 5« zadržali se oko 60 min. izvan broda, obavili su neke montažne radove i prešli u »Sojuz 4«. Nakon četiri i pol sata zajedničkog kruženja, brodovi su se razdvojili. Bio je to prvi uspješni pokus sastavljanja orbitske stanice s ljudskom posadom u putanji oko Zemlje. »Sojuz 5«, u kojemu je ostao samo Boris Volynov, spustio se 18. I 1969. dan poslije »Sojuza 4«, na Zemlju oko 200 km od mjesta Kostanaj u Kazahstanu.

3. III 1969. »Apollo 9«, SAD

James McDivitt, David Scott i Russel Schweickart (Rasel Švejkart) letjeli su 241 sat 00 min. 53 sek. i obletjeli Zemlju 151 put. U »Apollu 9« bio je ugrađen Mjesečev brod. Pošto je »Apollo 9« s trećim stupnjem rakete »Saturn V« ušao u putanju oko Zemlje posada je provjerila položaj i usporedila s podacima o putanji iz Houstona. Na signal sa Zemlje odvojio se matični brod (komandni i servisni modul) »Apollo 9« od čunjastog dijela trećeg stupnja rakete »Saturn V« u kojemu se nalazio Mjesečev brod sa sklopljenim tronogom. Otvorilo se čunjasto okućje oko Mjesečevog broda. Matični brod se okrenuo za 180° i svojim se vrhom približio vrhu Mjesečevog broda. Matični brod se hvataljkama zakvačio za vrh Mjesečevog broda i izvukao ga iz trećeg stupnja »Saturna«. Rastvoreno čunjasto okućje i treći stupanj rakete odbačeni su na putanju oko Zemlje. Kad je provjerena čvrstoća spoja McDivitt i Shweickart su prešli iz komandnog modula u kabinu Mjesečevog broda. Nakon toga se Mjesečev brod s McDivittom i Schweickartom odvojio od komandnog modula u kojemu je ostao Scott. Oba su broda kružila oko Zemlje. Nekoliko su puta paljeni, gašeni i opet paljeni motori Mjesečevog broda. Mijenjala se njegova putanja. Međusobno su se udaljili oko 180 km. Uvježbavala su se spajanja i odvajanja i iskušavali su se svi uređaji o kojima ovisi spuštanje Mjesečevog broda na Mjesec i povratak s Mjeseca k matičnom brodu. Svi su ti pokusi trajali 9 dana 22 sata, a Schweickart je 45 min. proboravio izvan broda. Nakon toga se Mjesečev brod spojio s matičnim brodom. McDivitt i Schweickart su se vratili u komandni modul, gdje ih je prihvatio Scott. Pošto su zatvorena vrata u tunelu odbačen je u putanju oko Zemlje najprije Mjesečev brod i zatim servisni modul, a kapsula »Apolla 9« sretno se spustila 13. III na površinu Tihog oceana.

Za 122. kruga opažen je satelit »Pegaz 3«, lansiran 1965. u sličnu putanju, jer se predviđalo da mu astronauti skinu krila i donesu ih na Zemlju, ali se odavna od toga odustalo.

18. V 1969. »Apollo 10«, SAD

Thomas Stafford, John Young i Eugene Cernan letjeli su 192 sata 03 min. 23 sek. i obletjeli Mjesec 31 put. Pošto su dva puta obletjeli Zemlju ponovno su upalili raketni motor trećeg stupnja »Saturna S-IV B«, ušli su na visini od 320 km u putanju prema Mjesecu brzinom od 10 868 km/sek. Nakon toga su manevrirali kao »Apollo 8« i »Apollo 9« i spojili se s Mjesečevim brodom. Pri tom su prvi put iz svemirskog broda emitirane televizijske slike u boji. Izvanredno se jasno vidjelo polagano približavanje i spajanje matičnog broda s Mjesečevim brodom. Zbog Zemljine privlačne sile brzina »Apolla 10« postepeno se smanjivala, a od područja gdje su Zemljina i Mjesečeva privlačna sila jednake (oko 376 000 km od Zemlje i 29 340 km od Mjeseca) opet se povećavala zbog Mjesečeve privlačne sile. Nakon toga brod je ušao u eliptičnu putanju oko Mjeseca (periselen 110 km, aposelen 310 km), a zatim u kružnu putanju na visini od 110 km. Tada su emitirani izvrsni televizijski snimci Mjesečeve površine. Sutradan su Stafford i Cernan prešli u Mjesečev brod. Za dvanaestog obilaska oko Mjeseca odvojio se Mjesečev brod i udaljio od matičnog broda, koji je povećao brzinu. Nešto kasnije upaljen je raketni motor donjeg dijela Mjesečevog broda, smanjena je brzina i brod je prešao na eliptičnu putanju (periselen 15 km, aposelen 110 km). Poslije 45 min., kad je Mjesečev brod stigao u najniži položaj iznad »Mora tišine« iskušan je radar. Za drugog obilaska Mjesečev brod se ponovno približio Mjesecu na 15 km. Nakon toga odvojio se gornji brodski dio od donjeg. S pomoću malih raketa gornji se dio udaljio od donjeg dijela. U gornjem je dijelu Mjesečevog broda upaljen motor i on se približio matičnom brodu. Nakon toga brod je, upravljan sa Zemlje, manevrirao radi susreta, a ručnim se manevrom spojio s matičnim brodom. Dva sata poslije spajanja odvojen je i gornji dio Mjesečevog broda, upaljen je njegov motor i ostavljen da gori do kraja, a potisak ga je odveo u putanju oko Sunca. Pošto je 31 put obletio Mjesec, matični brod je krenuo prema Zemlji, a prije ulaska u atmosferu odbačen je servisni modul. Kapsula »Apolla 10« uspješno se spustila na površinu Tihog oceana, oko 650 km od otoka Samoa i 6 km od nosača aviona »Princeton« u uspravnom položaju. (Kapsule »Apolla 8« i »Apolla 9« spustile su se na more obrnute i zaronile su gornjim dijelom, a uspravili su ih plastični baloni.) Astronauti su prebačeni helikopterom na palubu nosača aviona.

16. VII 1969. »Apollo 11«, SAD

Neil Armstrong, Edwin Aldrin i Michael Collins letjeli su 195 sati 18 min. 35 sek. i pošto su dva puta obletjeli Zemlju parkiranom putanjom krenuli su prema Mjesecu. Uspješno su obavili sve dotad iskušane manevre i 20. VII 1969. u 21 sat 18 min. spustili su se Mjesečevim brodom na površinu Mjeseca. Nakon toga astronauti su se prema programu morali odmarati 4 sata u Mjesečevom brodu, ali je Armstrong predložio a kontrolno središte u Houstonu je odobrilo da mogu izići iz kabine i ranije. Armstrong je stupio na platformu i polagano se spuštao niz ljestvice. Pri prolasku uključio je televizijsku kameru smještenu izvan broda, a ona je snimala prve korake po Mjesečevoj površini i snimke slala na Zemlju. Tako je gotovo čitav svijet mogao vidjeti kako je 21. VII 1969. u $3^h56^m20^s$ prvi čovjek stupio na Mjesečevo tlo. Poslije Armstronga spustio se na Mjesečevo tlo i Aldrin. Kao prvo, astronauti su počeli prikupljati uzorke

Mjesečevog tla. Zatim su postavili seizmometar (radi registriranja potresa od udara meteorita), laserski reflektor (za mjerenje udaljenosti Mjeseca od Zemlje) i instrument za skupljanje čestica (x-zraka i protona) Sunčevog vjetra. Astronauti su boravili na Mjesecu 21 sat 26 min., od toga 2 sata 10 min. izvan broda. Nakon odmora u brodu izvršili su pripreme za najopasniji i dotad neiskušani manevar: uzlijetanje s Mjeseca. Na signal iz Houstona upaljen je raketni motor gornjeg dijela Mjesečevog broda i taj je brodski dio uzletio, te prvom Mjesečevom kozmičkom brzinom, poslije sedam minuta ušao najprije u eliptičnu, a zatim u kružnu parkiranu putanju kojom je dotad kružio komandni modul s Collinsom. Pošto su se svemirske letjelice spojile prekrcani su uzorci Mjesečevog tla (21 kg) i instrumeti. Preselili su se i astronauti te poslije tridesetog kruga komandnog modula oko Mjeseca odbačen je Mjesečev brod, upaljen je snažni raketni motor servisnog modula i »Apollo 11« je krenuo prema Zemlji. Pošto su izvršeni svi već više puta uvježbani manevri, kapsula se 24. VII uspješno spustila na površinu južnog Tihog oceana, gdje ju je prihvatio nosač aviona »Hornet«. Astronauti su helikopterom prebačeni na palubu nosača aviona. Zbog opasnosti da se ne prenesu mikrobi s Mjeseca, odmah su smješteni u karantensku prostoriju i u njoj preneseni u bazu.

11. X 1969. »Sojuz 6«, SSSR
Georgij Šonin i Valerij Kubašov letjeli su do 18 sati 21 min. i obletjeli Zemlju 80 puta. Brod je bio opremljen mnoštvom instrumenata, fotografskom opremom i većom zalihom goriva, a osim toga nosio je u orbitskoj komori uređaj za zavarivanje kovina u bezračnom i bestežinskom prostoru. Za 77. obilaska oko Zemlje ispušten je iz orbitske komore sav zrak tako da je u njoj tlak spao na ništicu. Kubašov je tada uključio zavarivačku spravu i zavario nekoliko kovina. Zavarene uzorke kozmonauti su uvukli u kabinu, u kojoj su dopremljeni na Zemlju, gdje su varovi podvrgnuti ispitivanju. »Sojuz 6« je letio u grupi sa »Sojuzom 7« i »Sojuzom 8«, gotovo jednakom putanjom (perigej 220 km, apogej 225 km) uz trajanje jednog obilaska oko Zemlje od 88 min. 48 sek., ali on nije imao uređaj za spajanje s drugim brodovima, nego fotografsku opremu, jer je morao snimati sve faze približavanja, spajanja i razdvajanja drugih dvaju brodova.

12. X 1969. »Sojuz 7«, SSSR
Anatolij Filipčenko, Viktor Gorbatko i Vladislav Volkov letjeli su 118 sati 51 min. i obletjeli Zemlju 80 puta u grupi sa »Sojuzom 8«.

13. X 1969. »Sojuz 8«, SSSR
Vladimir Šatalov i Aleksej Jelisejev letjeli su 118 sati 43 min. i obletjeli Zemlju 80 puta. Za petodnevnog kruženja uvježbavali su sa »Sojuzom 7« približavanje, susretanje, spajanje i razdvajanje brodova, a to će se iskoristiti pri gradnji orbitskih stanica. Osim toga proučavali su medicinsko-biološke pojave, utjecaj erozije na brodske otvore i optičke sprave, proučavali su određivanje položaja i kontrolu putanje astronomskim metodama, vježbali su održavanje veze izmedu brodova i dr. Sve su to bile pripreme za gradnju budućih orbitskih stanica, koje će se sastavljati od dijelova svemirskih brodova. Bili su to i pokusi za izmjenu posada u svemirskim brodovima, te za pružanje pomoći i prijevoz kozmonauta na Zemlju u slučaju opasnosti u svemiru, bolesti ili drugih hitnih potreba.

14. XI 1969. »Apollo 12«, SAD
Charles Conrad, Richard Gordon i Alan Bean (Alan Bin) letjeli su 244 sata 36 min. 25 sek. i pošto su parkiranom putanjom dva puta obletjeli Zemlju, krenuli su prema Mjesecu. Ušli su u putanju oko Mjeseca. Gordon je ostao u komandnom brodu, a Conrad i Bean su se Mjesečevim brodom spustili na »More oluja«, 180 m od kratera gdje se od 19. IV 1967. nalazi automatska stanica »Surveyor 3«. Astronauti su boravili na Mjesecu 31 sat 31 min. Zbog kvara na televizijskoj kameri nisu se mogle prenositi slike na Zemlju. Prikupili su uzorke tla i postavili mjerne instrumente. Obavili su važna magnetska mjerenja s prenosivim magnetometrom. Pošto su obavili sve radove, astronauti su uzletjeli 20. XI 1969 u 15^h23^m (142 sata nakon polaska sa Zemlje). Prvom Mjesečevom kozmičkom brzinom ušli su u eliptičnu putanju. U najvišoj točki, oko 88 km povrh Mjeseca, prešli su u kružnu putanju, a dva i pol sata nakon polaska s Mjeseca počeli su manevrirati radi spajanja s komandnim modulom. Spojili su se nakon jednog sata. Poslije spajanja prenijeli su 34 kg uzoraka Mjesečevog tla i instrumente, a zatim su i oni prešli u matični brod. Izbačen je Mjesečev brod težak 2600 kg tako da padne na Mjesec. Iako je gornji dio Mjesečevog broda pao 70 km od mjesta gdje je ostao donji brodski dio s instrumentima, zabilježio je seizmometar ostavljen na Mjesecu udar i predao signale na Zemlju. Astronauti su kružili oko Mjeseca još 24 sata i snimali Mjesečevu površinu, a osobito visočje Fra Mauro, gdje je predviđeno da se spusti »Apollo 13«. Sedmog dana, potkraj 48. kruga, dok su bili iza nevidljive strane Mjeseca, krenuli su prema Zemlji. Nakon tri dana kapsula se 24. XI sretno spustila na površinu Tihog oceana, 640 km istočno od otoka Pago Pago, gdje ju je prihvatio nosač aviona »Hornet«. I ovi su astronauti nakon dolaska na nosač aviona smješteni u karantenu.

11. IV 1970. »Apollo 13«, SAD
James Lovell, John Swigert (Džon Svajgert) i Fred Haise (Fred Hejz) letjeli su 142 sata 54 min. 41 sek. i pošto su parkirnom putanjom dva puta obletjeli Zemlju, krenuli su prema Mjesecu. Trebalo je da se spuste na Mjesečevo visočje Fra Mauro. Međutim, poslije 56 sati leta, na daljini većoj od 230 000 km od Zemlje, nastala je eksplozija, nestao je tlak u spremniku tekućeg kisika i kvar dviju gorivnih ćelija. Astronautima je zaprijetila najveća opasnost zbog nestanka kisika i električne energije te zamalo da let nije završio katastrofom. Morao se posve promijeniti plan leta. Sva je sreća da se kvar dogodio prije nego što se odvojio Mjesečev brod. Iz Mjesečevog broda, kojim se leti samo od komandnog modula na parkirnoj putanji oko Mjeseca do Mjesečeve površine i natrag, silom se prilika uzimala električna energija i kisik, a i grijao se komandni modul kroz otvoreni spojni tunel. Jedan je astronaut neprekidno bio u komandnom modulu i regulirao rad sprava, dok su ostala dvojica boravila u Mjesečevu brodu. Budući da je kvar nastao pošto je svemirski brod već ušao u područje gdje prevladava Mjesečeva privlačna sila, odlučeno je da se ne mijenja putanja, jer se smatralo najsigurnijim ako brod nastavi put i obleti Mjesec. Tek tada brod će se usmjeriti prema Zemlji. Motor Mjesečevog broda davao je i potisak za povratni let. Astronauti su obavljali sve poslove pod teškim i opasnim prilikama i posve su se zamorili. Prije ulaska u Zemljinu atmosferu odbacili su oštećeni servisni modul. Sva

trojica su prešla u komandni modul. Odbacili su i spasonosni Mjesečev brod te su se 17. IV sretno spustili na površinu Tihog oceana. Više je milijuna ljudi na Zemlji uzbuđeno pratilo zbivanja u svemiru, i svi su odahnuli kad se kapsula spustila na more. Idući su letovi programa »Apollo« zbog ovog kvara odgođeni do 31. I 1971.

5. VI 1970. »Sojuz 9«, SSSR
Andrijan Nikolajev i Vitalij Sevastjanov kružili su oko Zemlje 17 dana 16 sati 59 min. i tako oborili rekord u trajanju orbitskog leta (»Gemini 7« kružio je oko Zemlje 13 dana 18 sati 35 min.). Kozmonauti su uglavnom ispitivali izdržljivost ljudskog organizma za drugog boravka u bestežinskom stanju, a obavljali su i druga znanstvena istraživanja, osobito ona u vezi s postavljanjem prve orbitske stanice u kojoj bi se izmjenjivale posade. Prvi put je iz Sovjetskog Saveza televizija prikazivala spuštanje kabine. Ona se s kozmonautima spustila 19. VI oko 75 km od grada Karagande u Kazahstanu. Na visini od 6000 m iznad Zemlje, otvorio se velik padobran, a neposredno prije ateriranja upaljeni su raketni motori s tvrdim gorivom, koji su snažno usporili spuštanje, tako da je kabina vrlo meko dodirnula tlo. Prikazano je i izvlačenje Nikolajeva iz kabine, ali nisu prikazani oblik ni veličina kapsule.

31. I 1971. »Apollo 14«, SAD
Alan Shepard, Stuart Roosa (Stjuart Rusa) i Edgar Mitchell (Edgar Mičel) letjeli su 216 sati 01 min. 59 sek. »Apollo« je lansiran u 11^h03^m po svjetskom vremenu. Pošto su astronauti (2 sata 34 min. poslije lansiranja) obletjeli Zemlju parkirnom putanjom, krenuli su prema Mjesecu. Prešli su u povoljniju putanju. Zatim su usporili let »Apolla« radi prelaska na putanju oko Mjeseca. Odbačen je gornji stepen rakete »Saturn V« tako da udari o Mjesec. Seizmometar, što ga je postavila posada »Apolla 12«, je pokazao da je od udara Mjesec podrhtavao puna tri sata. Upaljena je kočna raketa, kako bi se »Apollo 14« spustio na nižu putanju, s dotad najnižim aposelenom od 15 429 m. Shepard je s Mitchellom prešao iz komandnog modula u Mjesečev brod, a Roosa je ostao u matičnom modulu i u njemu je dalje kružio oko Mjeseca. Mjesečev se brod odvojio od matičnog modula. Upaljen je motor Mjesečevog broda radi spuštanja na Mjesec. Brod se 5. II tj. 108 sati 54 min. nakon lansiranja sa Zemlje spustio na područje Fra Mauro na Mjesecu. Shepard je izišao iz Mjesečevog broda, a ubrzo za njim i Mitchell. Oni su, kao prvo, skupljali geološke uzorke tla, montirali znanstvene instrumente, postavili američku zastavu i uključili televizijsku kameru. Izvan broda zadržali su se 4 sata 50 min. Idućeg su dana astronauti ponovno izišli iz broda. Hodali su po Mjesecu 4 sata 35 min., prevalili oko 5 km i prikupljali geološke uzorke. Stigli su gotovo do ruba Čunjastog kratera. Nakon izvršenja svih predviđenih radova uzletjeli su s gornjim dijelom Mjesečevog broda. Brod se sastao s matičnim modulom. Spojili su se direktno, jer Mjesečev brod nije prije toga morao obletjeli Mjesec, kao što su činili prijašnji brodovi na dotadašnjim ekspedicijama. Nakon toga odbacili su Mjesečev brod, koji je poslije dva sata pao na Mjesec. Upalili su raketni motor matičnog modula, radi izlaska iz putanje oko Mjeseca i povratka na Zemlju. Kapsula »Apolla 14« spustila se 9. II u 12^h05^m na površinu Tihog oceana, 1450 km južno od otočja Samoa, gdje ju je prihvatio nosač aviona »New Orleans«. Astronauti su smješteni u pokretnu karantensku komoru i u njoj su prevezeni u Houston.

23. IV 1971. »Sojuz 10«, SSSR
Vladimir Šatalov, Aleksej Jelisejev i Nikolaj Rukavišnikov letjeli su oko Zemlje kratko vrijeme, jer im je glavni zadatak bio da iskušaju spajanje sa svemirskom stanicom »Saljut 1«. Četiri dana prije »Sojuza 10«, tj. 19. IV 1971. lansirana je na putanju oko Zemlje, prvi put orbitska stanica »Saljut 1«. U toj velikoj svemirskoj letjelici nove vrste, s volumenom od 30 m³, nije bilo posade nego samo više zaliha hrane i vode, a raspolagala je i većim kapacitetom električne energije. Zadatak je kozmonauta »Sojuza 10« bio da iskušaju spajanje sa »Saljutom 1« i razdvajanje od njega. Pošto su se uspješno spojili, brodovi su pet sati letjeli zajedno i nakon toga su se razdvojili. »Sojuz 10« se spustio 25. IV u 0^h40^m po svjetskom vremenu, 120 km sjeverozapadno od Karagande u Kazahstanu. »Saljut 1« ostao je na putanji kojom i dalje kruži oko Zemlje, kao orbitska stanica uz koju je trebalo da pristaju i s njom se spajaju drugi svemirski brodovi.
Aleksej Leonov je, za boravka na Zagrebačkom jesenskom velesajmu 1971. izjavio: »Na Saljutu ima još dosta goriva, tako da se s njim može manevrirati, orijentirati ga i mijenjati mu putanju. Stalno ga kontroliramo sa Zemlje. Kad ostane bez goriva, i pošto ispuni plan, on će postupno gubiti visinu i na kraju će izgorjeti u atmosferi. Na ovaj 'Saljut' nećemo više slati brodove. No bit će još takvih stanica, i boljih.«

6. VI 1971. »Sojuz 11«, SSSR
Georgij Dobrovoljski, Viktor Pacaev i Vladislav Volhov uzletjeli su iz Bajkonura 6. VI 1971. Glavna im je zadaća bila spajanje s orbitskom stanicom »Saljut 1«, koja je lansirana 19. IV 1971. i s kojom se već bio spojio, i od nje odvojio, svemirski brod »Sojuz 10«. Dobrovoljski je uz pomoć centrale na Zemlji odredio položaj broda i zakrenuo ga u pravi smjer. Nakon toga brodom su upravljali automati, koji uključuju i isključuju motor radi ispravka putanje. Stanice su na Zemlji potvrdile ispravnost manevra i obavile pripreme za manevar približavanja. Sa Zemlje je ispravljena putanja stanice »Saljut 1«, a pošto se razmak letjelica smanjio na 100 m Dobrovoljski je preuzeo ručno upravljanje. U 7^h45^m letjelice su bile posve blizu, a već u 7^h49^m uspješno su se spojile u jedinstveno svemirsko tijelo teško 25 t. U 10^h45^m kozmonauti su prešli iz »Sojuza 11« u »Saljut 1«, u veliku svemirsku stanicu s volumenom od 30 m³ (»Sojuz« ima samo 9 m³). Kozmonauti su obukli lake skafandre nazvane »pingvin«, koji su znatno lakši a u bestežinskom prostoru ipak pružaju posadi osjećaj kao da je na Zemlji. Iako je odijelo bilo udobnije ono je pružalo potreban tlak na koštano-mišićni sustav, tlak na koji su svi navikli na Zemlji. U »Saljutu 1« kozmonauti su obavljali raznovrsne eksperimente i znanstvena istraživanja. Nakon boravka od 24 dana u svemiru »Sojuz 11« se u zoru 30. VI u 18^h29^m (svjetskog vremena) uspješno otkvačio od »Saljuta 1«, koji je i dalje ostao u svemiru. Sprave su u jednom i u drugom brodu radile besprijekorno. Međutim, u posljednja tri dana prije povratka kozmonauti su osjećali neke tegobe u srednjem uhu, u centru za ravnotežu, ali one nisu zabrinule kozmonaute ni stručnjake na Zemlji, jer se i od prije znalo, da dulji boravak u bestežinskom stanju može izazvati prolazne tegobe. Nikolajev i Sevastjanov su nakon boravka od 17 dana u »Sojuzu 9« također osjetili tegobe nakon

spuštanja na Zemlju (Nikolajeva su iznijeli iz kabine na nosilima) i obojica su se morala oporavljati sedam dana.
Pošto su se kozmonauti odvojili od »Saljuta 1« i nekoliko puta obletjeli Zemlju, idućeg je dana u 0^h31^m naređeno sa Zemlje da se uključe kočni motori radi spuštanja. Telemetrijski instrumenti nisu pokazivali nikakvih smetnji u tijelu kozmonauta, ali tada se dogodilo nešto neobično. Iznenada je nestala veza između »Sojuza 11« i Zemlje, prije ulaska kozmonauta u guste atmosferske slojeve, prije »blackouta« (blekauta), kad se i inače prekida veza između Zemlje i svemirskih brodova. Dok »Sojuz« prolazi kroz gustu atmosferu gornji kraj kapsule se ugrije do 10 000°C, ali se u unutrašnjosti temperatura ne mijenja. Kozmonauti su za kočenja izloženi tlaku od 8 g (čovjek je osam puta teži), ali osim nekih nelagodnosti toliko usporenje ne stvara drugih posljedica, jer ljudski organizam može za kraće vrijeme podnijeti i do 15 g. Rakete su izvrsno izgarale, na vrijeme su se rastvorili padobrani i kapsula je meko aterirala. Pošto je helikopter, koji treba da pomogne kozmonautima, sletio kraj broda njegova je posada otvorila vrata svemirskog broda i našla kozmonaute mrtve, privezane za sjedišta s mirnim osmijehom na licu.
Vijest o smrti hrabrih kozmonauta, koji su uspješno izvršili sve zadatke, zaprepastila je čitav svijet i dugo se nagađalo o uzrocima nesreće. Pomišljalo se da je možda premašena granica ljudske izdržljivosti, ili je nastala neka mehanička greška, možda je i vrućina bila prevelika, ili je prodro ugljični dioksid. Pomišljalo se i na gubitak tlaka u kabini ili kvar na dovodu kisika. Tek je 11. VII Radio-Moskva objavio da je smrt trojice kozmonauta prouzrokovala »iznenadna promjena tlaka u svemirskom brodu«. Javljeno je da je pad tlaka posljedica oštećenja na brodu, ali je istodobno priopćeno da na brodskom trupu nije zamijećeno tragova nekog oštećenja. Slušaoci radija su se pitali nije li možda posada slabo zatvorila vrata i da li su pravi skafandri, umjesto »pingvina« mogli spasiti nesretnu posadu? Nesreća je zaprepastila američke stručnjake i pokolebala ih. Pomišljali su da odgode lansiranje »Apolla 15« koji se pripremao za let na Mjesec. Napokon su brzojavno upitali za savjet sovjetsku Akademiju znanosti, koja je odgovorila da »Apollo 15« može uzletjeti. Za boravka u Zagrebu, Aleksej Leonov je potvrdio sumnje. On je u zagrebačkom Aeronautičko-raketnom klubu izjavio: »Naša je želja bila da se u svemiru, za boravka u brodu, oslobodimo skafandra, koji su ipak neudobni, koliko god bili izvrsno konstruirani. Cijela je konstrukcija naših svemirskih brodova prilagođena boravku kozmonauta u njima bez skafandra, koji bi se upotrebljavali samo pri izlasku iz broda. Ipak, morat ćemo, na žalost, ponovno navući skafandre premda smatramo da je to korak natrag. Greške su uvijek moguće. Da su naši drugovi iz 'Sojuza 11' imali na sebi skafandre, danas bi oni bili među nama. Živi.«

26. VII 1971. Apollo 15«, SAD

David Scott, James Irwin i Alfred Worden letjeli su 335 sati 22 min. 17 sek. Dvanaest minuta poslije lansiranja brod je ušao u parkirnu putanju oko Zemlje na visini od 166 km i dva puta obletio Zemlju. Nakon toga krenuo je prema Mjesecu. Sat poslije lansiranja kretao se brzinom od 28 000 km na sat. Idućeg dana pokusno je upaljen glavni motor, jer se u toku noći zamijetilo iskrenje u paljbenom uređaju. 28. VII u 13^h30^m po svjetskom vremenu letjelica je stigla 289 909 km od Zemlje i letjela prema Mjesecu brzinom od 3888 km na sat. Budući da nije bilo nikakvih neprilika, posadi je produljen odmor. 29. VII brod je stigao do Mjeseca. Upućen je glavni motor radi kočenja i brod je prešao u eliptičnu putanju s aposelenom od 322 km, i periselenom od 107 km. Treći stupanj rakete »Saturn«, koji je prije toga odbačen, udario je u Mjesec, a to su zabilježili i javili na Zemlji seizmometri, što su ih postavile posade »Apolla 12« u Oceanu oluja i »Apolla 14« u oblasti Fra Mauro. »Apollo 15« je ostao u gornjoj putanji samo 4 sata, a zatim se usporavanjem s pomoću retrorakete spustio na nižu eliptičnu putanju oko Mjeseca (aposelen 107 km, periselen 17,8 km). 30. VII, četiri sata prije spuštanja, kad je trebalo razdvojiti Mjesečev brod od matičnog modula, odvajanje nije uspjelo. Preostalo je da se u roku od 40 minuta ponovi pokušaj. Worden se brzo provukao u spojni tunel, ustanovio je da je kvar na kabelu kroz koji se napaja mehanizam za razdvajanje i grešku je brzo otklonio. Nakon uspješnog razdvajanja manevar spuštanja je bio složeniji nego na prijašnjim putovanjima, jer je ovaj Mjesečev brod 750 kg teži od prijašnjih. Sam je Rover (džip) težio 230 kg, a u brodu je bilo više goriva, alata i sprava. Stoga je Irwin ručno upravljao i 30 sek. dulje držao u radu raketni motor. Trebalo je preletjeti Apenine, Mjesečeve planine visoke do 4000 m, i spustiti se na zaravan iza Hadleyeva rasjeda, duboke jaruge, 1,5 km ispred zaravni. Izbjegavao je kratere i nije dopuštao da ga prevare »maskoni« (grumeni guste materije, koji svojom masom remete polje privlačne snage Mjeseca). Scott je pilotirao, a Irwin je kontrolirao instrumente. 30. VII u 22^h16^m brod je sretno alunirao, samo 60 m od predviđenog mjesta, nedaleko od kratera kojemu su dali ime »Saljut« na pomen brodu »Saljut 1« u kojemu su poginuli sovjetski kozmonauti Dobrovoljski, Pacaev i Volkov. Letjelica se spustila na posve meko tlo, a jedna se noga zarila u prašinu oko 60 cm duboko, tako da je čitav brod ležao malo nagnut.
Idućeg dana (31. VII) u 13^h29^m, stupio je Scott (sedmi čovjek na Mjesecu) na Mjesečevo tlo. Zatim se popeo uza stube da pomogne Irwinu. Pošto je učinio nekoliko nesigurnih koraka, Irwin je odmah počeo prikupljati uzorke Mjesečevog tla. Nakon toga obojica su izvukli rover i pripremili ga za vožnju. Scott je prvi sjeo u »Rover 1« i obišao Mjesečev brod. Vozilo se kretalo brzinom od 12 km na sat, ali mu se brzina smanjivala uz uspone. Vozio je prosječnom brzinom od oko 10 km na sat. Međutim, Rover im je ipak zadavao dosta briga. Astronauti su u njemu bili privezani sigurnosnim pojasima da zbog teških naprtnjača i poskakivanja ne ispadnu iz vozila. Vozili su se po Mjesecu šest i pol sati i oko 20^h vratili se u brod. Spavali su do idućeg dana.
Druga je šetnja (1. VIII) po Mjesecu počela s više od jednog sata zakašnjenja, jer Houston nije mogao primiti Scottov kardiogram. Osim toga slomila se antena na Irwinovom skafandru, a pojavio se i zračni mjehurić na njegovom klimatskom uređaju, koji je spriječio cirkulaciju tekućina. Sve su nezgode ipak brzo otklonjene i astronauti su ponovno pošli vozilom na šest i pol satno krstarenje. Udaljili su se 8 km i izgubili iz vidokruga Mjesečev brod. (Obzor je na Mjesecu znatno bliži.) Poslije jučerašnjih neprilika s roverom, pomišljali su da je greška na drugoj akumulatorskoj bateriji. Stoga su čitavo vrijeme vozili samo sa zagonskim elektromotorima stražnjih kotača. Tražili su stijene, koje je prije milijun godina izbacio na površinu iz Mjesečeve unutrašnjosti golem asteroid, što se srušio na Mjesec i stvorio najveći kružni basen More kiša. Napunili su nekoliko vrećica mate-

rijalom, a uzeli su i druge dragocjene stijene s ruba Hadleyevog rasjeda, jednu kao čisto staklo i drugu tamnu kao bazalt. Trebalo je iskopati 2 m duboku rupu, ali su na 1 m dubine naišli na odviše tvrdu stijenu. Pri naprezanju Scott umalo da nije pao. Ustanovili su da su potrošili i oko 10% više kisika iz skafanderskih spremišta.

Idućeg dana (2. VIII) proradio je i prigon prednjih kotača na Roveru, ali su astronauti ipak vozili polagano zbog brdovitosti tla i učestalosti kratera. U krateru Sper pronašli su mnogo novih tvari. Jedna je ruda sličila na dragi kamen. Sada su trošili manje kisika. Iskopali su rov i snimili svoje djelo. Scott je pri odlasku pao, ali bez posljedica. Postavljeni su instrumenti na Mjesecu dobro radili, a drugi su proradili tek kasnije. »Rover 1« ostavljen je na Mjesecu. Worden je iz matičnog modula snimao nevidljivu stranu Mjeseca, a odlučio je da snimi i sovjetski »Lonohod« koji se kretao sjeverozapadnim rubom Mora kiša.

Pripreme i uzlet gornjeg dijela Mjesečevog broda obavljeni su bez smetnji. Mjesečev se brod spojio s matičnim modulom, prebačen je sav materijal (76,95 kg), a preselili su se i astronauti. Tri sata poslije spajanja Mjesečevog broda s matičnim modulom, otkriveno je da tlak u tunelu postepeno opada. Nakon nesreće kozmonautu u »Saljutu 1«, astronauti »Apolla 15« bili su, iz opreza, u svemirskim odijelima. Provjerili su da li su vrata i svi otvori dobro zatvoreni. Budući da je sve bilo u redu, astronautima je odobreno da mogu spavati. Nakon spajanja svemirskih brodova astronauti su još dva dana kružili oko Mjeseca. U 02^{h}04^m uspješno je odbačen Mjesečev brod, a 4. VIII poslije osamsatnog sna, posadu je probudila glazba sa Zemlje. U 21^{h}23^m, pošto je završen 74. krug oko Mjeseca, izbačen je 35 kg težak subsatelit (podsatelit, tj. satelit iz satelita) opremljen s tri vrste instrumenata, koji će godinu dana bilježiti podatke o Zemljinoj i Mjesečevoj okolini i magnetskom polju i slati ih na Zemlju. Kružeći oko Mjeseca subsatelit kruži i oko Zemlje te svakih 28 dana siječe magnetski trag, što ga Zemlja ostavlja za sobom na svemirskom putu.

Dvanaestodnevno putovanje »Apolla 15« završilo je 7. VIII u 20^{h}45^m po svjetskom vremenu. Pri spuštanju kroz atmosferu otvorila su se samo dva, umjesto tri padobrana. Zbog toga se kapsula spustila nešto povećanom brzinom na Tihi ocean, 459 km sjeverno od Havajskih otoka, gdje ju je prihvatio nosač aviona »Okinawa«. Pošto se na dotadašnjim letovima ustanovilo da na Mjesecu nema mikroba, astronauti nisu smješteni u karantensku izoliranu komoru.

Za leta »Apolla 15« astronauti su proboravili na Mjesecu 66 sati 55 min. (gotovo dva puta dulje nego posada »Apolla 14«). Mjesec su istraživali u tri vožnje vozilom »Rover 1« i prevalili oko 28 km. Izvan broda boravili su na Mjesecu 15 sati 37 min. Prikupili su 76,95 kg uzoraka tla. Alfred Worden je, na daljini od 315 000 km od Zemlje, izišao iz kapsule i »šetao« 20 min. dubokim svemirom. (Prvi izlazak čovjeka u svemir izvan putanje oko Zemlje.) Bila je to i najdulja misija iz programa »Apollo«; trajala je 12 dana 7 sati (»Gemini 7« proboravio je u svemiru 13 dana). »Apollo 15« prvi je lansirao umjetni satelit, a posada je na putovanju oko Mjeseca provela 145 sati. Worden je obletio Mjesec 73 puta.

Let »Apolla 15« najambiciozniji je istraživački let od svih koji su do sada poduzeti. On odražava čovjekovo neumorno zanimanje za budućnost, ali i najdublju žudnju ljudskog duha da dozna kamo ide i odakle je došao.

16. IV 1972. »Apollo 16«.

John Young, Charles Duke i Thomas Mattingly (Metingli) uzletjeli su iz Cape Kennedyja u 17^h 54^m po svjetskom vremenu, na pretposljednje putovanje programa »Apollo«. (Na posljednje putovanje krenut će »Apollo 17« u prosincu 1972.) Od ovog putovanja, koje je trajalo 266 sati, učenjaci su očekivali mnogo više rezultata nego od četiri dosadašnja putovanja na Mjesec. Ekspedicija je uspjela, unatoč mnogim tehničkim i ljudskim greškama.

Već za odbrojavanja vremena u Cape Kennedyju pojavila se greška na rezervnom žiroskopskom uređaju rakete, ali je brzo otklonjena, tako da ni brojenje nije prekinuto. »Apollo 16« sretno je uzletio i ušao u parkirnu putanju oko Zemlje (rerigej 169. apogej 177 km). Pošto je brod krenuo iz parkirne putanje prema Mjesecu, dogodio se drugi kvar. Počela se odvajati termoizolacijska zaštitna oplata, a uzrok se nije mogao ustanoviti, iako su stručnjaci na Zemlji istraživali moguće nedostatke na posve jednakom laboratorijskom simulatoru. Ali, kako su svi uređaji dobro radili, put je ipak nastavljen. Sutradan 17. IV, dok je brod hitao brzinom od 4000 km na sat, pojavio se kvar na radaru i navigacijskom računalu. Punih 18 minuta nije funkcionirao uređaj koji određuje položaj broda u svemiru. Prema uputama iz Houstona Mattingly je otklonio kvar i fokusirao uređaj prema Suncu i Mjesecu.

Idućeg dana, 18. IV Duke i Young su se provukli u Mjesečev brod, gdje su iskušali opremu i poslije 55 minuta vratili se natrag. 19. IV brod je ušao u eleptičnu putanju oko Mjeseca (periselen 108, aposelen 316 km). Nakon toga nastao je opet kvar. Najviši stupanj »S-4B« Saturna trebalo je usmjeriti prema Mjesecu da udari u nj, kako bi se izazvao potres koji bi izmjerila tri seizmometra što su ih postavile posade »Apolla 12« u studenom 1968, »Apolla 14« u veljači 1971. i »Apolla 15« u kolovozu 1971. Zbog kvara na pratećem signalu vršnog stupnja »S-4B« Saturnove rakete, učenjaci nisu mogli odrediti točno vrijeme i mjesto gdje će on pasti na Mjesec i tako je smanjena vrijednost eksperimenta. Pošto je odbačen vršni stupanj »Saturna«, »Apollo 16« spustio se na nižu putanju (periselen 20 km, aposelen 109 km), a nakon odmora posade, 20. IV razdvojili su se Mjesečev brod s Youngom i Dukeom od komandnog broda u kojem je ostao Mattingly. Tada je nastao novi kvar. Mattingly je izjavio da ne može smiriti posrtanje komandnog modula, te da nije siguran da li će mu poći za rukom da svoj brod podigne i na putanju s koje mora kartografirati površinu Mjeseca. Činilo se da će se za usmjerivanje i kruženje morati da upotrijebi raketni motor Mjesečevog broda te da će se prekinuti daljnji tok ekspedicije. Iz Houstona je odmah zapovjeđeno da se odgodi slijetanje Mjesečevog broda. Oba su broda letjela oko Mjeseca na malom međusobnom razmaku i obletjela puna tri kruga, dok iz Houstona nije odobreno da Mjesečev brod može sletjeti jer ne prijeti opasnost. Program čitavog putovanja skraćen je za jedan dan.

Brod je sletio na Mjesec u 2^h 24^m, sa zakašnjenjem od 5 sati 42 minute južnije od svih dosadašnjih brodova, ne na Mjesečevo »more« nego na brdovito tlo sjeverno od kratera, koji nosi ime francuskog filozofa i matematičara Descartesa (Dekarta). Sada pet postaja na Mjesecu leži u trokutu. Na sjevernom vrhu trokuta spustio se »Apollo 15«, na donjem zapadnom vrhu su »Apollo 12« i nedaleko, malo istočnije »Apollo 14«, a u desnom donjem vrhu trokuta su »Apollo 11«

i jugo-jugoistočno od njega »Apollo 16«. Stranice trokuta duge su oko 1000 km.
Young je stupio na Mjesečevo tlo u 16 59 , a Duke minutu kasnije. Oni su izvukli električno vozilo »Rover«, sprave, oruđe i instrumente i postavljali ih na tlo. Tada je Young otkrio opet jedan kvar: nije proradila glavna televizijska antena na Mjesečevom brodu; razvio je manju na »Roveru«. Nakon mnogih prigovora da je čitav program »Apollo« odviše vojnički te da zanemaruje znanost, posada »Apolla 16«, najviše se bavila znanstvenim istraživanjima. Odmah nakon prvog izlaska iz broda postavila je instrumente automatskog znanstvenog laboratorija: stalni seizmometar, pasivni seizmometar (koji će bilježiti unutrašnje potrese i udare meteora), tri geofona, termometrijske sonde, radio-predajnik, detektor iona, sprave za bušenje tla, nuklearni generator i centralnu postaju koja prikuplja sve rezultate izmjera i odašiljat će ih na Zemlju godinu dana. Postavljeno je i mnogo prijenosnih instrumenata. Young se pri razmještaju instrumenata spotakao o električni kabel i prekinuo ga. Zbog toga je termometrijska sonda napuštena u izbušenoj rupi i otpao je važan dio istraživačkog rada (vrijedan 1,5 milijuna dolara): mjerenje toplote koja zrači iz Mjesečeve unutrašnjosti, kako bi se ustanovilo da li je njegova jezgra užarena ili je visoka temperatura posljedica radioaktivne fisije.
Astronauti su odmah pokupili i nešto kamenja, kako bi donijeli na Zemlju uzorke tla, ako ih što prisili da moraju hitno pobjeći s Mjeseca. Novost je bila astronomska teleskopska ultravioletna (UV) kamera, koja je snimala oblake vodika i drugih plinova oko Zemlje i Sunca, između zvijezda naše galaksije, u drugim galaksijama i između udaljenih galaksija. Trebalo je kamerom izmjeriti količinu slobodnog vodika u svemiru jer bi to bio dokaz da se može izračunati ukupna svemirska masa. Kao prvo kamera je usmjerena prema Zemlji radi snimanja geokorone (razrijeđenog oblaka atomskog vodika što se prostire do 60 000 km oko Zemlje) jer se ona ne može snimiti sa Zemlje. Snimanje s Mjeseca možda će otkriti da je vodikova geokorona zbijena na strani okrenutoj prema Suncu, a izduljena kao rep na protivnoj strani, slično kao magnetosfera oko Zemlje (v. sliku na strani 328). Kasnije je kamera usmjerena prema Mjesečevom obzoru, kako bi se otkrilo da li iz kratera oko stajališta izlaze vulkanski plinovi. UV-kamera nije osjetljiva na vidljivu svjetlost; sve fotografije i spektri snimali su se na film od 35 mm u ultravioletnom području s korištenjem elektrona više nego svjetlosnih valova.
Posada je tri puta vozila Roverom. Prvo i drugo putovanje trajali su oko 7 sati, a treće, kraće, samo 5 sati. Tlo je bilo bregovitije nego što se očekivalo, čak je u kraterima bilo kratera. Astronauti su se zaustavljali gdje su zamijetili nešto zanimljivo. Skupili su ukupno 111 kg kamenja; jedan je kamen bio teži od 9 kg. (Ukupno je dosad doneseno na Zemlju 286 kg Mjesečevog kamenja.) Upotpunit će se geološki lik Mjeseca, jer se pretpostavlja da je kamenje iz okolice Descartesovog kraterskog područja starije od onog iz »mora«, a mlađe od uzoraka iz Fra Maura. Rezultati će biti zanimljivi jer se dosad istražilo samo nekoliko mjesta i još se ne zna kakvih sve minerala ima na Mjesecu.
Detektorom, koji je bio pričvršćen na vanjskoj strani Mjesečevog broda, registrirani su udari kozmičkih zraka. Prije odlaska s Mjeseca astronauti su skinuli detektor, unijeli ga u kabinu i donijeli na Zemlju, gdje će se istražiti od čega su sastavljene čestice, kojom se brzinom kreću i kojom energijom dopiru iz kozmosa. Možda će se više doznati o podrijetlu elemenata u zvijezdama gdje se oni možda i stvaraju. Te izvanredno male čestice, koje prolaze kroz galaksiju, približno brzinom svjetlosti, ne mogu se mjeriti sa Zemlje, jer ih upija atmosfera i otklanja Zemljina magnetosfera.
S astronautima putovali su i drugi predstavnici zemaljskog života. Kutija 10 × 10 cm, koju su pripremili Nijemci, bila je ispunjena izmjenično detektorskim slojevima kozmičkih zraka i biološkim uzorcima spora, sjemenja i rakovih jajašca. Kutija je bila u kabini, a poslije povratka na Zemlju, ustanovit će se promjene u biološkim uzorcima pod utjecajem kozmičkih zraka. Obavljen je i drugi biološki eksperiment sa 60 milijuna bakterija, s virusima i gljivicama. Njih je, za šetnje u svemiru, pri povratku Mattingly iznio izvan brodske oplate i izložio ih 10 minuta različitim zrakama. Trebalo je ustanoviti kako bestežinsko stanje, atmosferske promjene i različita zračenja djeluju na stanice i makromolekule žive tvari. Glavna je svrha Mattinglyjeva izlaska iz broda bila da skine kasete s instrumentskog modula, prije nego što se on otkvači i odbaci, te da ih donese u brod.
Mattingly je obletavao Mjesec u komandnom brodu oko pedeset puta gotovo kružnom putanjom (periselen 98, aposelen 124 km) i upravljao mnogim instrumentima: televizijskom kamerom za slike u boji, jednom panoramskom i drugom kartografskom kamerom za snimanje Mjeseca; laserskim daljinomjerom, kojim je neprekidno mjerio visinu broda povrh Mjeseca točnošću od desetak cm. (Iz lasera se odašilje svjetlosni snop k Mjesecu i prima odražena osobita svjetlost nakon tisućnine sekunde, a iz proteklog vremena određuje se daljina.) Svaka promjena visine otkrivala je nepravilnosti u Mjesečevom gravitacijskom polju, ali istodobno se određivao i profil Mjesečeva tla. Mattingly je imao i detektor rendgenskih zraka, te spektometar za alfa- i gama-zrake što ih zrači Mjesec, i za one zrake koje potječu od Sunca a odrazuju se od Mjesečeve površine. Mattingly je za kruženja oko Mjeseca snimio više tisuća kartografskih i panoramskih snimaka njegove površine.

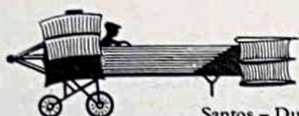
Povratak prema Zemlji prošao je bez uzbuđenja, ako se zanemari jedno bezrazložno paljenje alarmnog svjetla. Otvorila su se sva tri padobrana, ali se opet dogodila nezgoda: brod je pao naglavce, s vrhom prema dolje. Astronautima nije bilo udobno u tom položaju, dok gumeni baloni nisu ispravili kapsulu. Pošto je prevalila 2,2 milijuna km, ona je dodirnula površinu Tihog oceana 27. IV u $19^{h}44^{m}$. (Dan ranije nego što je bilo predviđeno prvobitnim programom.) »Apollo 16« zaplutao je 209 nm jugoistočno od otočja Christmas, otprilike 1 nm od nosača aviona »Ticonderoga« (Tajkondiroga). Doletjela su 4 helikoptera i 2 aviona. Kao obično, izbačeni su ljudi žabe i gumene splavi. Mrežom su dignuti astronauti u trup helikoptera koji ih je prevezao na palubu »Ticonderoge«, neobrijane jer se pokvario i električni aparat za brijanje.

Komandant »Apolla 16« John Young je izjavio: »Obavili smo izvanrednu otkrivačku misiju. Ali, u ovom brodu ima tajni o kojima nitko ništa ne zna. Otkrit ćemo ih idućih dana na korist budućih ekspedicija.« Međutim, kad je kapsula prevezena na kopno, u luci je blizu nje buknuo požar. Zapalile su se neke kemikalije i svemirski brod je prilično oštećen. Da li će se i nakon te posljednje nezgode otkriti čudnovate tajnovitosti u svemirskom brodu? Možda će »Apollo 17« u prosincu 1972. imati više sreće.

RAST AVIONSKIH BRZINA

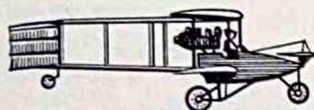
od 1906. do 1972.

41,2
12.11.1906.



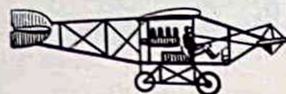
Santos – Dumont (Santos – Dumont)

52,7
26.10.1907.



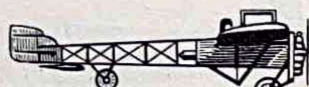
Farman – Voisin (Farman)

69,8
23.8.1909.



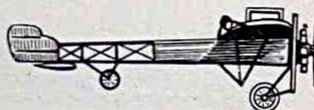
Glenn – Curtiss (Curtiss)

76,9
28.8.1909.



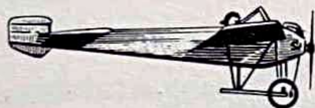
Blériot XII (Blériot)

106,5
10.7.1910.



Blériot XI (Morane)

133,1
21.6.1911.



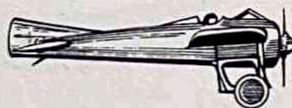
Nieuport (Nieuport)

145,1
13.1.1912.



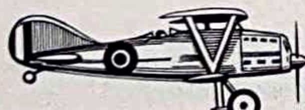
Deperdussin (Védrines)

203,8
29.9.1913.



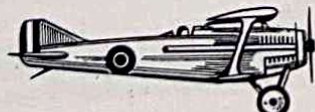
Deperdussin (Prévost)

275,8
7.2.1920.



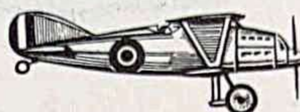
Nieuport 29 (Sadi – Lecointe)

283,8
28.2.1920.



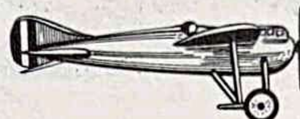
Spad 20 B (Casale)

302,5
20.10.1920.



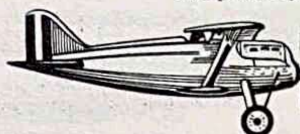
Nieuport 29 (Sadi – Lecointe)

341,2
21.9.1922.



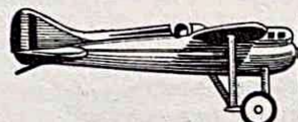
Nieuport Sesquiplan (Sadi – Lecointe)

358,8
13.10.1922.



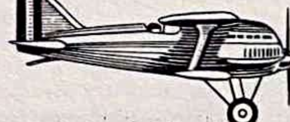
Curtiss R – 6 (Mitchell)

375,0
15.2.1923.



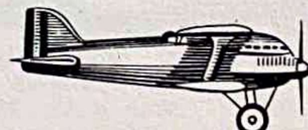
Nieuport Sesquiplan (Sadi – Lecointe)

417,0
2.11.1923.



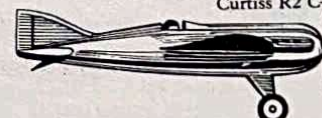
Curtiss R2 C—1 (Bron)

429,0
4.11.1923.



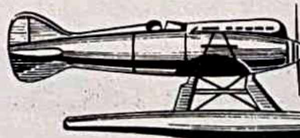
Curtiss R2 C—1 (Williams)

448,1
11.12.1924.



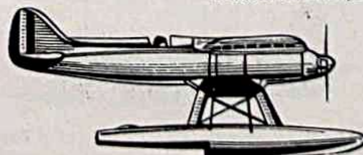
Bernard V2 (Bonnet)

512,7
30.11.1928.



Macchi M 52 B (De Bernardi)

541,1
10.9.1929.



Gloster VI (Stainforth)

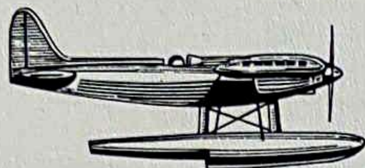
Brzina aviona u km na sat, datum, naziv aviona i (u zagradi) prezime pilota. Za brzinske rekorde takmičili su se od 1928. do 1934. samo hidroavioni, jer su oni imali na raspolaganju na vodi uzletišta neograničene duljine. Za avione s kopnenim stajnim trapovima još nije bilo aerodroma s dovoljno dugim uzletno-sletnim stazama. Mlazni avion premašio je rekordnu brzinu 1939. Zvučnu barijeru prvi je 14. X 1947. probio američki kapetan Charles E. Yeager (Čarls Jiger), avionom »Bel X-1« (4 raketna motora, akcioni radijus 2 min. 30 sek.) na visini od 18 000 m. Brzina zvuka na toj je visini 1070 km na sat. Yeager se spustio planiranjem na suho dno jednog kalifornijskog jezera. Stephensova rekordna brzina od 3331,5 km na sat (avion »Lockheed YF-12A«) do 1. I 1972. još nije premašena

575,7
12.9.1929.



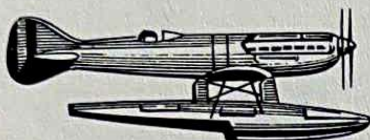
Supermarine S—6 (Orlebar)

655,0
29.9.1931.



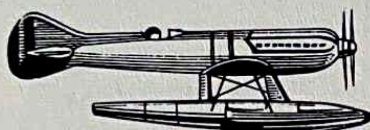
Supermarine S—6 B (Stainforth)

682,0
10.4.1933.



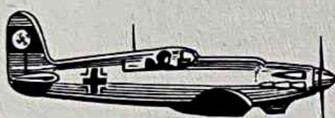
Macchi MC—72 (Agello)

709,2
23.10.1934.



Macchi MC—72 (Agello)

746,6
30.3.1939.



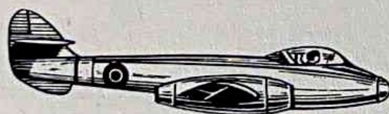
Heinkel HE 112 U (Dieterle)

755,1
29.4.1939.



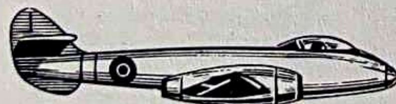
Messerschmitt 109 R (Wendel)

969,0
7.9.1946.



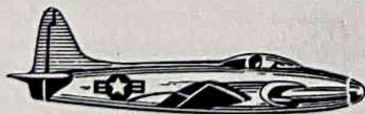
Gloster Météor IV (Wilson)

991,0
7.11.1946



Gloster Météor IV (Donaldson)

1002,0
19.6.1947.



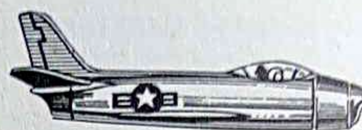
Lockheed P 80 R (Boyd)

1047,0
25.8.1947.



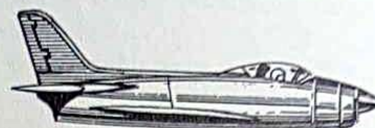
Douglas D—558—1 Skystreak (Carl)

1079,8
15.9.1948.



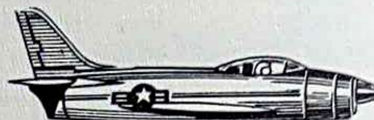
North American Sabre F.86 A (Johnson)

1124,1
19.11.1952



North American Sabre F.86 D (Nash)

1151,7
16.7.1953.



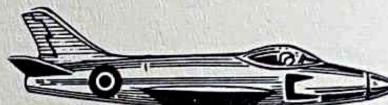
North American Sabre F.86 D (Barnes)

1171,0
7.9.1953.



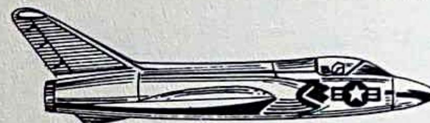
Hawker Hunter F.3 (Duke)

1184,0
25.9.1953.



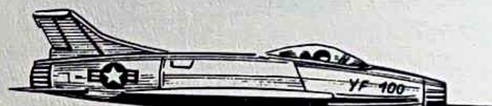
Supermarine Swift F.4 (Lithgow)

1211,0
3.10.1953.



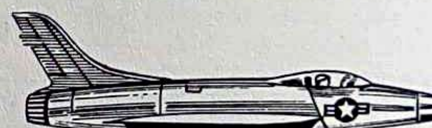
Douglas F.4D—1 Skyray (Verdin)

1251,0
29.10.1953.



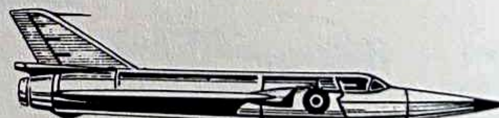
North American YF 100 Super Sabre (Everest)

1323,0
20.8.1955.



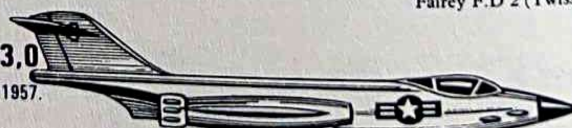
North American F 100 C Super Sabre (Hanes)

1822,0
10.3.1956.



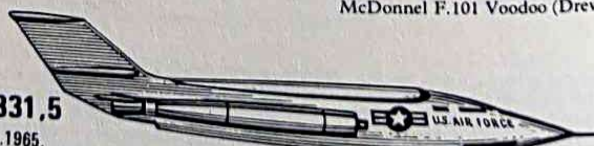
Fairey F.D 2 (Twiss)

1943,0
10.12.1957.



McDonnel F.101 Voodoo (Drew)

3331,5
1.5.1965.



Lockheed YF—12 A (Stephens)

SVJETSKA ZRAKOPLOVNA PODUZEĆA

ADRIA AVIOPROMET, Ljubljana, Jugoslavija
AERANGOL, Luanda, Angola
AER LINGUS TEORANTA, Dublin, Irska
AERLINTE EIREANN TEORANTA, Dublin, Irska
AERO SERVICIOS, Tegucigalpa, Honduras
AERO TRANSPORTES LITORAL ARGENTINO, Buenos Aires, Argentina
AERO TRASPORTI ITALIANI, Napoli, Italija
AERO CHACO, Resistencia, Chaco, Argentina
AEROCONDOR, Barranquilla, Kolumbija
AEROCOSTA, Miami, Florida, SAD
AEROFLOT, Moskva, SSSR
AEROLINEAS ARGENTINAS, Buenos Aires,
AEROLINEAS DEL PACIFICO, La Paz, Meksiko
AEROLINEAS PERUANAS, Lima, Peru
AEROLINEE ITAVIA, Roma, Italija
AEROMAYAB, México, Meksiko
AERONAVES DE MEXICO, México, Meksiko
AEROVIAS CONDOR DE COLOMBIA, Barranquilla, Kolumbija
AEROVIAS NACIONALES DE COLOMBIA, Bogotá, Kolumbija
AEROVIAS NACIONALES DE HONDURAS, Tegucigalpa, Honduras
AEROVIAS QUISQUEYANA, Santo Domingo, Dominikana
AEROVIAS ROJAS, Oaxaca, Meksiko
AEROVIAS VENEZOLANAS, Caracas, Venezuela
AIR AFRIQUE, Abidjan, Obala Bjelokosti
AIR ALGÉRIE, Alger, Alžir
AIR-ALPES, Aix-les-Bains, Francuska
AIR ANGLIA, Norwich, Velika Britanija
AIR BAHAMA, Nassau, Bahama
AIR BANGUI, Bangui, Srednjoafrička Republika
AIR CALEDONIE, Noumea, Nova Kaledonija
AIR CALIFORNIA, Newport Beach, California, SAD
AIR CAMBODGE, Phnom-Penh, Kamboda
AIR CAMEROUN, Douala, Kamerun
AIR CANADA, Montreal, Kanada
AIR CAPE, Cape Town, Južnoafrička Republika
AIR CEYLON, Colombo, Cejlon
AIR CHAMPAGNE-ARDENNE, Reims, Francuska
AIR COMMUTER AIRLINES, Grand Island, Nebraska, SAD
AIR COMORES, Moroni, otočje Comores
AIR CONGO, Kinshasa, D. R. Kongo
AIR DJIBOUTI, Djibouti, Afars i Issas
AIR EAST, Washington, SAD
AIR FRANCE, Paris, Francuska
AIR FREIGHT, Hythe, Kent, Velika Britanija
AIR GABON, Port Gentil, Gabon
AIR GASPÉ, Ste-Anne-des-Monts, Quebec, Kanada
AIR GUINÉE, Conakry, Gvineja
AIR-INDIA, Bombay, Indija
AIR INTER, Paris, Francuska
AIR IVOIRE, Abidjan, Obala Bjelokosti
AIR JAMAICA, Kingston, Jamajka
AIR KENYA, Nairobi, Kenija
AIR LIFT INTERNATIONAL, Miami, Florida, SAD
AIR LIMOUSIN, Limoges, Francuska
AIR MADAGASCAR, Tananarive, Madagaskar
AIR MALAWI, Blantyre, Malavi
AIR MALI, Bamako, Mali
AIR MANILA, Manila, Filipini
AIR MAURITANIE, Nouakchott, Mauritanija
AIR MAURITIUS, Port Louis, Mauricijus
AIR MELANESIAE, Port Vila, Novi Hebridi
AIR MICHIGAN AIRLINES, Kalamazoo, Michigan, SAD
AIR MICRONESIA, Saipan, otoci Mariani
AIR MONGOL, Ulan-Bator, NR Mongolija
AIR NEW ZEALAND, Auckland, Novi Zeland
AIR NIGER, Niamey, Niger
AIR PANAMA INTERNACIONAL, Panamá City, Panama
AIR PARIS, Orly, Pariz, Francuska
AIR PERIGORD, Trelissac, Francuska
AIR RHODESIA, Salisbury, Rodezija
AIR SÉNÉGAL, Dakar, Sénégal
AIR SAINT PIERRE, Saint Pierre et Miquelon, Sj. Amerika
AIR SIAM, Bangkok, Tajland
AIR SOUTH, Atlanta, SAD
AIR TAHITI, Papéeté, Tahiti
AIR TCHAD, Fort Lamy, Čad
AIR TOGO, Lomé, Togo
AIR VIETNAM, Saigon, Južni Vijetnam
AIR VOLTA, Ouagadougou, Rep. Volta
AIR VOSGES, Épinal-Mirecourt, Francuska
AIR WEST AIRLINES, Powell River, Kanada
AIR WISCONSIN, Appleton, Wisconsin, SAD
AIRLINES OF NEW SOUTH WALES, Sydney, Australija
AIRLINES OF SOUTH AUSTRALIA, Adelaide, Australija
ALA, Buenos Aires, Argentina
ALASKA AIRLINES, Seattle, Washington, SAD
ALASKA ISLAND AIR, Petersburg, Alaska, SAD
ALIA, Amman, Jordan
ALISARDA, Sassari, Italija
ALITALIA, Roma, Italija
ALLEGHENY AIRLINES, Washington, SAD
ALLEN AVIATION, Topeka, Kansas, SAD
ALL NIPPON AIRWAYS, Tokyo, Japan
ALM, Curaçao, Nizozemski Antili
ALOHA AIRLINES, Honolulu, Hawaii, SAD
ALTAIR AIRLINES, Philadelphia, SAD
ALTUS AIRLINES, Altus, Oklahoma, SAD
AMERICAN AIRLINES, New York, SAD
AMERICAN AIRTAXI, Opa Locka, Florida, SAD
ANHSA, Tegucigalpa, Honduras
ANSETT AIRLINES OF AUSTRALIA, Melbourne, Australija

ANSETT AIRLINES OF PAPUA NEW GUINEA, Lae, Nova Gvineja
ANTILLES AIR BOATS, Christiansted, St. Croix, otoci Virgin
APACHE AIRLINES, Phoenix, Arizona, SAD
APSA, Lima, Peru
ARAWAK AIRLINES, Port of Spain, Trinidad
ARIANA AFGHAN AIRLINES, Kabul, Afganistan
ARKAY AIR TRANSPORT, Calcutta, Indija
ARKIA, Tel Aviv, Izrael
AROOSTOOK AIRWAYS, Presque Isle, Maine, SAD
ASPEN AIRWAYS, Denver, Colorado, SAD
ATLANTIC CITY AIRLINES, Washington, SAD
AUA, Wien (Beč), Austrija
AURIGNY AIR SERVICES, Alderney, Kanalski otoci
AUSTRAL, Buenos Aires, Argentina
AUSTRIAN AIRLINES, Wien (Beč), Austrija
AVENSA, v. Aerovias Venezolanas
AVIACO, Madrid, Španjolska
AVIANCA v. Aerovias Nacionales de Colombia
AVIATECA v. Empresa Guatemalteca de Aviación
AVIS AIR SERVICE, Cairns, Queensland, Australija
AVNA AIRWAYS, Dundee, Natal, Južnoafrička Rep.
B. C. AIRLINES, Vancouver, Kanada
BAKHTAR AFGHAN AIRLINES, Kabul, Afganistan
BALKAN, Sofija, Bugarska
BASCO, Aden, Južni Jemen
BAVARIA FLUG-GESELLSCHAFT, München, SR Njemačka
BEA v. British European Airways
BOAC v. British Overseas Airways Corporation
BOTSWANA AIRWAYS CORPORATION, Gaberones, Bocvana
BRAATHENS, Oslo, Norveška
BRANIFF INTERNATIONAL AIRWAYS, Dallas, SAD
BREMER FLUGDIENST, Hamburg, SR Njemačka
BRITISH AIR FERRIES, Southend-on-Sea, Engleska
BRITISH EUROPEAN AIRWAYS CORPORATION, Ruislip, Engleska
BRITISH MIDLAND AIRWAYS, Castle Donington, Engleska
BRITISH OVERSEAS AIRWAYS CORPORATION, Hounslow, Engleska
BRITISH ISLAND AIRWAYS, Redhill, Engleska
BRITISH WEST INDIAN AIRWAYS, Maraval, Trinidad
BROWER FLIGHT SERVICE, Fort Madison, SAD
BUA v. British United Airways
BUSH PILOTS AIRWAYS, Cairns, Australija
BWIA v. British West Indian Airways
CAAC v. General Administration of Civil Aviation of China
CALEDONIAN/BUA, Horley, Engleska
CAMBRIAN AIRWAYS, Glamorgan, Engleska
CANADIAN PACIFIC-AIR, Vancouver, Kanada
CARDINAL AIRLINES, Lynchburg, SAD
CARIBAIR (Caribian Atlantic Airlines), San Juan, Puerto Rico
CASPAIR, Nairobi, Kenija
CATHAY PACIFIC AIRWAYS, Hong Kong
CAYMAN AIRWAYS, Grand Caiman, Zapadna Indija
CDA v. Compañia Dominicana de Aviación
CENTURY AIRLINES, Seoul, Južna Koreja
CHANNEL AIRWAYS, Stansted, Engleska
CHEROKEE AIRWAYS, Athens, Georgija, SAD
CHICAGO AND SOUTHERN AIRLINES, Peoria, SAD
CHINA AIRLINES, Taipei, Tajvan
CIMBER AIR DENMARK, Sonderborg, Danska
CIVIL FLYING SERVICES, Melbourne, Australija
CMA v. Compañia Mexicana de Aviación
COGEAIR, N'dola, Kinshasa, Kongo
COMBS AIRWAYS v. Frontier Airlines
COMMERCIAL AIRWAYS, Johannesburg, Južnoafr. Rep.
COMMUTER AIRLINES, Binghamton, SAD
COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TRANSPORTS AÉRIENS, Alger, Alžir
COMPAÑIA DE AVIACIÓN FAUCETT, Lima, Peru
COMPAÑIA DOMINICANA DE AVIACIÓN, Santo Domingo, Dominikana
COMPAÑIA ECUATORIANA DE AVIACIÓN, Quito Ekvador
COMPAÑIA MEXICANA DE AVIACIÓN, Doceavo Piso, Meksiko
COMPAÑIA PANAMENA DE AVIACIÓN, Panamá, Panama
CONAIR PROPRIETARY, Alice Springs, Australija
CONTINENTAL AIRLINES, Los Angeles, SAD
COPA v. Compañia Panamena de Aviación
CP AIR v. Canadian Pacific-Air
CRAFT AIRLINES, San José, Kostarika
CROWN AIRWAYS v. Allegheny Airlines
CRUZEIRO v. Servicos Aereos Cruzeiro do Sul
CUBANA v. Empresa Consolidada Cubana de Aviación
CYPRUS AIRWAYS, Nicosia, Cipar
ČESKOSLOVENSKÉ AEROLINIE, Praha, Čehoslovačka
ČSA v. Československé aerolinie
DAN-AIR SERVICES, London, Engleska
DAVEY AIR SERVICES, Sydney, Australija
DAVIS AIRLINES, Bryan, Texas, SAD
DELTA AIRLINES, Atlanta, Georgia, SAD
DESERT COMMUTER AIRLINES, Santa Monica, SAD
DETA, Lourenço Marques, Mozambik
DEUTSCHE LUFTHANSA, Köln, SR Njemačka
DIXIE AVIATION CORPORATION, Salt Lake City, SAD
DTA, Luanda, Angola
EAAC v. East African Airways Corporation
EAL v. Eastern Air Lines
EAST AFRICAN AIRWAYS CORP., Nairobi, Kenija
EASTERN AIR LINES, New York, SAD
EASTERN PROVINCIAL AIRWAYS, Gander, Kanada
EAST-WEST AIRLINES, Tamworth, Australija
EL AL ISRAEL AIRLINES, Tel Aviv, Izrael
ELIVIE, Società Italiana Esercizio Elicotteri, Napoli, Italija
EMPRESA CUBANA DE AVIACIÓN, Habana, Kuba
EMPRESA GUATEMALTECA DE AVIACIÓN, Guatemala City, Gvatemala
EPA v. Eastern Provincial Airways
ETHIOPIAN AIRLINES, Addis Abeba, Etiopija
EUROPE AERO-SERVICE, Perpignan, Francuska
EWA v. East-West Airlines
EXECUTIVE AIRLINES, East Boston, SAD
EXECUTIVE AIR SERVICES, Melbourne, Australija
FAUCETT v. Compañia de Aviación Faucett
FIJI AIRWAYS, Suva, otoci Fidži
FILIPINAS ORIENT AIRWAYS, Pasay City, Filipini
FINNAIR, Helsinki, Finska
FISCHER BROTHERS AVIATION v. Allegheny Airlines
FJELLFLY, Skien, Norveška
FLORENCE AIRLINES, Florence, SAD
FLORIDA AIRLINES, Tampa, Florida, SAD
FLORIDA ATLANTIC AIRLINES, Fort Lauderdale, SAD
FLUGFELAG ISLANDS, Reykjavik, Island
FLYING TIGER LINE, Los Angeles, SAD
FRONTIER AIRLINES, Denver, SAD
GARUDA INDONESIAN AIRWAYS, Djakarta, Indonezija
GCS AIR SERVICE, Galion, Ohio, SAD
GENERAL ADMINISTRATION OF CIVIL AVIATION OF CHINA, Peking, Kina
GENERAL AIR, Hamburg, SR Njemačka
GENEX, Beograd, Jugoslavija
GEORGIA AIR, Atlanta, SAD
GEYSERLAND AIRWAYS, Rotorua, Novi Zeland
GHANA AIRWAYS CORPORATION, Accra, Gana
GIBAIR, Gibraltar
GOLDEN PACIFIC AIRLINES, San Francisco, SAD
GOLDEN WEST AIRLINES, Long Beach, SAD
GREAT LAKES AIRLINES, Sarnia, Ontario, Kanada
GREAT NORTHERN AIRWAYS, Calgary, Kanada
GRØNLANDSFLY, Godthaab, Grenland
GULF AVIATION, Manama, Bahrein
GUYANA AIRWAYS CORPORATION, Georgetown, Gvajana

HAWAIIAN AIRLINES, Honolulu, Havaji
HAWAII JET-AIR, Honolulu, Havaji
HENSON AVIATION, New Port, SAD
HICKS AIRLINES, Perth, Australija
HOUSTON METRO AIRLINES, Houston, SAD
HUB AIRLINES, Fort Wayne, Indiana, SAD
HUGHES AIR WEST, San Francisco, SAD
HUMBER AIRWAYS, Hull, Engleska
IAC v. Indian Airlines Corporation
IBERIA, Lineas Aereas de España, Madrid, Španjolska
ICELANDAIR v. Flugfelag Islands
ICELANDIC AIRLINES v. Loftleidir
IFG (Interregional Fluggesellschaft), Düsseldorf, SR Njemačka
ILLAWARRA AIRWAYS, Bankstown, Australija
IMPERIAL AIRWAYS, St. Paul, Minnesota, SAD
INDIAN AIRLINES, New Delhi, Indija
INEX ADRIA AIRWAYS, Ljubljana, Jugoslavija
INSELFLUGDIENST NORDEN-HAGE, Hage, SR Njemačka
INTERFLUG, Berlin-Schönefeld, Njemačka DR
INTERIOR AIRWAYS, Fairbanks, Alaska, SAD
INTERNATIONAL AIR BAHAMA v. Air Bahama
INTERNATIONAL CARIBBEAN AIRWAYS, Christchurch, Barbados
IRAN NATIONAL AIRLINES CORPORATION, Teheran, Iran
IRAQI AIRWAIS, Bagdad, Irak
ISLAND AIRWAYS, Brisbane, Australija
ISLE ROYALE SEAPLANE SERVICE, Houghton, SAD
ITAVIA v. Aerolinee Itavia
JAL v. Japan Airlines
JAMAICA AIR SERVICE, Kingston, Jamajka
JAPAN AIRLINES, Tokyo, Japan
JAPAN DOMESTIC AIRLINES, Tokyo, Japan
JAT, Jugoslovenski aerotransport, Beograd, Jugoslavija
KAL v. Korean Airlines
KAR-AIR, Helsinki, Finska
KEY AIRLINES, Ogden, Utah, SAD
KING AIRLINES, Wichita Falls, SAD
KLM-ROYAL DUTCH AIRLINES, Amsterdam, Nizozemska
KODIAK AIRWAYS, Kodiak, Alaska, SAD
KONINKLIJKE LUCHTVAART MAATSCHAPPIJ, Amsterdam, Nizozemska
KOREAN AIRLINES, Seoul, Južna Koreja
KUWAIT AIRWAYS CORPORATION, Kuwait, Kuvajt
LAB v. Lloyd Aereo Boliviano
LASCA v. Lineas Aereas Costarricenses
LADE v. Lineas Aereas del Estado
LADECO v. Linea Aerea del Cobre
LAKE GENEVA AIRWAYS, Lake Geneva, Wisconsin, SAD
LAN v. Linea Aerea Nacional de Chile
LANICA v. Lineas Aereas de Nicaragua
LANSA v. Lineas Aereas Nacionales
LAO AIRLINES, Vientiane, Laos
LAP v. Lineas Aereas Paraguayas
LAV v. Linea Aeropostal Venezolana
LEEWARD ISLANDS AIR TRANSPORT SERVICE, Antigua, Antili
LIBERIAN NATIONAL AIRLINES, Robertsfield, Liberija
LIBYAN ARAB AIRLINES, Benghazi, Libija
LINA CONGO, Brazzaville, Kongo
LINDEMAN AERIAL SERVICES, Mackay, Queensland, Australija
LINEA AEREA DEL COBRE, Santiago de Chile, Čile
LINEA AEREA NACIONAL DE CHILE, Santiago de Chile, Čile
LINEA AEROPOSTAL VENEZOLANA, Caracas, Venezuela
LINEAS AEREAS COSTARRICENSES, San José, Kostarika
LINEAS AEREAS DEL ESTADO, Buenos Aires, Argentina
LINEAS AEREAS DE NICARAGUA, Managua, Nikaragva
LINEAS AEREAS GUINEA ECUATORIAL, Santa Isabel Ekvatorska Gvineja
LINEAS AEREAS NACIONALES, Lima, Peru
LINEAS AEREAS PARAGUAYAS, Asunción, Paragvaj
LINJEFLYG, Stockholm, Švedska
LLOYD AEREO BOLIVIANO, Cochabamba, Bolivija
LOFTLEIDIR, Reykjavik, Island
LOGANAIR, Paisley, Škotska, Vel. Britanija
LOT, Warszawa, Poljska
LUFTHANSA v. Deutsche Lufthansa
LUXAIR, Luxemburg, Luksemburg
MACKEY INTERNATIONAL AIR COMMUTER, Fort Lauderdale, Florida, SAD
MAC ROBERTSON MILLER AIRLINES, Perth, Australija
MAERSK AIR, København, Danska
MALAYSIA-SINGAPORE AIRLINES, Singapore, Singapur
MALEV, Magyar Légiközlekedési Vállalat, Budapest, Madarska
MALTA AIRLINES, Sliema, Malta
MANUFACTURERS AIR TRANSPORT SERVICE, Peoria, SAD
MARTIN'S LUCHTVERVOER MAATSCHAPPIJ, Rotterdam, Nizozemska
MASLING AIRLINES, Cootamundra, Australija
MEA v. Middle East Airlines Airliban
MERPATI NUSANTARA AIRLINES, Djakarta, Indonezija
MEXICANA v. Compañia Mexicana de Aviación
MID-CONTINENT AIRLINES, Memphis, SAD
MIDDLE EAST AIRLINES AIRLIBAN, Bayrut, Libanon
MIDSTATE AIR COMMUTER, Marshfield, SAD
MISRAIR, Kairo, UAR
MMA v. Mac. Robertson Miller Airlines
MODERN AIR, Toronto, Kanada
MODERN AIR TRANSPORT, Berlin, SR Njemačka
MOHAWK AIRLINES, Utica, New York, SAD
MONARCH AIRLINES, Grand Junction, Colorado, SAD
MONMOUTH AIRLINES, Farmingdale, New Jersey, SAD
MOUNT COOK AIRLINES, Christchurch, Novi Zeland
MSA v. Malaysia-Singapore Airlines
MURCHISON AIR SERVICES, Port Hedland, Australija
NAMAKWALAND LUGDIENS, Springbok, Južnoafrička Rep.
NATIONAL AIRLINES, Miami, Florida, SAD
NATIONWIDE AIR SERVICES, Brisbane, Australija
NEW YORK AIRWAYS, Flushing, New York, SAD
NEW ZEALAND NATIONAL AIRWAYS, Wellington, Novi Zeland
NIGERIA AIRWAYS, Lagos, Nigerija
NLM DUTCH AIRLINES, Amsterdam, Nizozemska
NOESKA AVIATION, Calgoorlie, Australija
NORCANAIR, Prince Albert, Kanada
NORDAIR, Dorval, Quebec, Kanada
NORTH-AIR, Anchorage, Aljaska, SAD
NORTH CENTRAL AIRLINES, Minneapolis, SAD
NORTHEAST, Hounslow, Vel. Britanija
NORTHEAST AIRLINES, Boston, SAD
NORTHERN AIRWAYS, Burlington, Vermont, SAD
NORTHERN WINGS v. Quebecair
NORTHWARD AVIATION, Edmonton, Kanada
NWA, Northwest Orient Airlines, Minneapolis, SAD
OLT-OSTFRIESISCHE LUFTTAXI, Emden, SR Njemačka
OLYMPIC AIRWAYS, Atena, Grčka
OPAL AIR SERVICES, Adelaide, Australija
OUT ISLAND AIRWAYS, Nassau, Bahama
OZARK AIRLINES, Saint Louis, SAD
PACAIR, Pietermaritzburg, Južnoafrička Rep.
PACIFIC SOUTHWEST AIRLINES, San Diego, SAD
PACIFIC WESTERN AIRLINES, Vancouver, Kanada
PAKISTAN INTERNATIONAL AIRLINES, Karachi, Pakistan
PAL v. Philippine Air Lines
PAN ADRIA, Zagreb, Jugoslavija
PAN AMERICAN WORLD AIRWAYS, New York, SAD
PENNSYLVANIA COMMUTER AIRLINES, New Cumberland, SAD

PHILIPPINE AIRLINES, Makati, Rizal, Filipini
PIA v. Pakistan International Airlines
PIEDMONT AIRLINES, Winston-Salem, SAD
PILGRIM AVIATION AND AIRLINES, Waterford, SAD
PLUNA v. Primeras Lineas Uruguayas
POCONO AIRLINES v. Allegheny Airlines
POLSKIE LINIE LOTNICZE, Warszawa, Poljska
POLYNESIAN AIRLINES, Apia, Zapadna Samoa
PORT AUGUSTA AIR SERVICES, Port Augusta, Australija
PRIMERAS LINEAS URUGUAYAS DE NAVEGACIÓN AEREA, Montevideo, Urugvaj
PRINAIR v. Puerto Rico International Airlines
PRINCETON AIRWAYS, Princeton, SAD
PROVINCETOWN-BOSTON AIRLINE, Provincetown, SAD
PSA v. Pacific Southwest Airlines
PUERTO RICO INTERNATIONAL AIRLINES, San Juan, Puertoriko
PUGET SOUND AIRLINES, Seattle, Washington, SAD
PWA v. Pacific Western Airlines
QANTAS AIRWAYS, Sydney, Australija
QUEBECAIR, Quebec, Kanada
RAI v. Reseau Aérien Interinsulaire
RANSOME AIRLINES, Cornwells Heights, Pennsylvania, SAD
RAPSA v. Rutas Aereas Panamenas
REEVE ALEUTIAN AIRWAYS, Anchorage, Aljaska, SAD
RÉSEAU AÉRIEN INTERINSULAIRE, Papéété, Tahiti
RIO AIRWAYS, Killeen, Texas, SAD
ROCKY MOUNTAIN AIRWAYS, Denver, SAD
ROUSSEAU AVIATION, Dinard, Francuska
ROYAL AIR INTER, Ed Dar el Baida (Casablanca), Maroko
ROYAL AIR LAO, Vientiane, Laos
ROYAL AIR MAROC, Ed Dar el Baida (Casablanca), Maroko
ROYALE AIRLINES, Shreveport, Louisiana, SAD
ROYAL HAWAIIAN AIR SERVICE, Honolulu, Havaji
ROYAL NEPAL AIRLINES, Katmandu, Nepal
RUTAS AEREAS PANAMENAS, Panamá, Panama
SAA v. South African Airways
SABENA (Societé anonyme belge d'exploitation de la navigation aérienne), Bruxelles, Belgija
SADIA S. A. TRANSPORTES AEREOS, São Paulo, Brazil
SAESA v. Servicios Aereos Especiales
SAHSA v. Servicio Aereo de Honduras
SAM v. Società Aerea Mediterranea
SAN FRANCISCO AND OAKLAND HELICOPTER AIRLINES, Oakland, SAD
SAN JUAN AIR, San Juan, Puertoriko
SAS v. Scandinavian Airlines System
SATA v. Sociedade Açoreana de Transportes Aereos
SATENA v. Servicio de Aeronavegación a Territorios Nacionales
SAUDI ARABIAN AIRLINES, Jeddah, Saudijska Arabija
SCANDINAVIAN AIRLINES SYSTEM, Stockholm, Švedska
SCENIC AIRLINES, Las Vegas, Nevada, SAD
SEABOD WORLD, AIRLINES, Jamaica, New York, SAD
SEAGREEN AIR TRANSPORT, Saint John's, Antigua, Zap. Indija
SEAPORT COMMUTER, Den Haag, Nizozemska
SEDALIA-MARSHALL-BOONVILLE STAGE LINE v. Frontier Airlines
SERVICIO AEREO DE HONDURAS, Tegucigalpa, Honduras
SERVICIO DE AERONAVEGACIÓN A TERRITORIOS NACIONALES, Bogotá, Kolumbija
SERVICIOS AEREOS ESPECIALES v. Aeronaves de Mexico
SERVICOS AEREOS CRUZEIRO DO SUL, Rio de Janeiro, Brazil
SHAWNEE AIRLINES, Orlando, Florida, SAD
SIERRA LEONE AIRWAYS, Freetown, Sijera Leone
SKYWAY AVIATION, Fort Leonard Wood, Missouri, SAD
SOCIEDAD AERONAUTICA DE MEDELLIN, Medellin, Kolumbija
SOCIEDADE AÇOREANA DE TRANSPORTES AEREOS, Lisboa, Portugal
SOCIETÀ AEREA MEDITERRANEA, Roma, Italija
SOCIETÉ DE TRAVAIL AÉRIEN v. Air Algerie
SOCIETÉ NATIONALE TRANSGABON, Libreville, Gabon
SOLOMON ISLANDS AIRWAYS, Honiara, Britanski Solomon
SOMALI AIRLINES, Mogadishu, Somalija
SOUTH AFRICAN AIRWAYS, Johannesburg, Južnoafrička Rep.
SOUTHEAST AIRLINES, Miami, Florida, SAD
SOUTHERN AIRWAYS, Atlanta, Georgia, SAD
SOUTHWEST AIRLINES, Naha, Okinawa, Ryukyu otoci
SOUTH WEST AIR TRANSPORT v. Suidwes Lugdiens
SUBURBAN AIRLINES, Red Bank, New Jersey, SAD
SUDAN AIRWAYS, Khartoum, Sudan
SUIDWES LUGDIENS, Windhoek, Jugozapadna Afrika
SUN VALLEY AIR, Boise, Idaho, SAD
SURINAM AIRWAYS v. Surinaamse Luchtvaart Maat.
SURINAAMSE LUCHTVAART MAATSCHAPPIJ, Paramaribo, Surinam
SWAZI AIR, Johannesburg, Južnoafrička Rep.
SWIFT AIRLINES, San Luis Obispo, SAD
SWISSAIR, Swiss Air Transport, Zürich, Švicarska
SYRIAN ARAB AIRLINES, Damask, Sirija
TAA v. Trans-Australia Airlines
TABA v. Transportes Aereos Buenos Aires
TACA INTERNATIONAL AIRLINES, San Salvadór, Salvador
TAL v. Territory Airlines
TAN v. Transportes Aereos Nacionales
TAP v. Transportes Aereos Portugueses
TAROM, Transporturile Aeriene Romane, Bukurešt, Rumunjska
TAT v. Transportes Aereos de Timor
TERRITORY AIRLINES, Goroka, Nova Gvineja
TEXAS INTERNATIONAL AIRLINES, Houston, SAD
THAI AIRWAYS, Bangkok, Tajland
THAI AIRWAYS INTERNATIONAL, Bangkok, Tajland
THY v. Turk Hava Yollari Anonim Sirketi
TIME AIRWAYS, Lethbridge, Alberta, Kanada
TMA v. Trans-Mediterranean Airways
TOA AIRWAYS, Hiroshima, Japan
TOURAINE AIR TRANSPORT, Tours, Francuska
TRANSAIR, Winnipeg, Kanada
TRANS-AUSTRALIA AIRLINES, Melbourne, Australija
TRANS CENTRAL AIRLINES, Denver, SAD
TRANSGABON v. Societé Nationale Transgabon
TRANS MAGIC AIRLINES, Jerome, Idaho, SAD
TRANS-MEDITERRANEAN AIRWAYS, Bayrut, Libanon
TRANS-MICHIGAN AIRLINES, Flushing, Michigan, SAD
TRANS MO AIRLINES, Jefferson City, SAD
TRANS MOUNTAIN AIR SERVICE, Campbell River, Kanada
TRANSPORTES AEREOS BUENOS AIRES, Buenos Aires, Argentina
TRANSPORTES AEREOS DE CABO VERDE, Praia, Kapverdski otoci
TRANSPORTES AEREOS DE CARGA, Caracas, Venezuela
TRANSPORTES AEREOS DE SÃO TOMÉ, São Tomé, otok Saõ Tomé
TRANSPORTES AEREOS DE TIMOR, Dili, Timor
TRANSPORTES AEREOS NACIONALES, Tegucigalpa, Honduras
TRANSPORTES AEREOS PORTUGUESES, Lisboa, Portugal
TRANSPORTES AEREOS SQUELLA, Santiago de Chile Čile
TRANS-STATE AIRLINES, Launceston, Tasmanija
TRANS WORLD AIRLINES, New York, SAD

TRAVEL AIR v. Allegheny Airlines
TRICON INTERNATIONAL AIRLINES, Dallas, Texas, SAD
TUNIS AIR, Tunis, Tunis
TURK HAVA YOLLARI, Istanbul, Turska
TWA v. Trans World Airlines
UAA v. United Arab Airlines
UAL v. United Air Lines
UBA v. Union of Burma Airways Board
UNION DE TRANSPORTS AÉRIENS, Puteaux, Francuska
UNION OF BURMA AIRWAYS BOARD, Rangoon, Burma
UNITED AIRLINES, Chicago, SAD
UNITED ARAB AIRLINES, Kairo, UAR
UTA v. Union de Transports Aériens
VALLEY AIRLINES, San José, Kalifornija, SAD
VARIG, Rio de Janeiro, Brazil
VASP v. Viaçao Aerea São Paulo
VENEZOLANA INTERNACIONAL DE AVIACIÓN, Caracas, Venezuela
VERCOA AIR SERVICE v. Allegheny Airlines
VIAÇAO AÉREA SÃO PAULO, São Paulo, Brazil
VIASA v. Venezolana Internacional de Aviación
VIENNAIR, Wien (Beč), Austrija
VIKING AIRLINES, Westerly, SAD
VQ AIRLINES, Daytona Beach, Florida, SAD
WAL-WESTERN AIRLINES, Los Angeles, SAD
WESTKUNSTENFLUG v. General Air
WIDEROE'S FLYVESELSKAP, Oslo, Norveška
WIEN CONSOLIDATED AIRLINES, Anchorage, Aljaska, SAD
WINDWARD ISLANDS AIRWAYS, Saint Martin, Antili
WRIGHT AIRLINES, Cleveland, Ohio, SAD
YEMEN ARAB AIRLINES, Taiz, Jemen
ZAMBIA AIRWAYS CORPORATION, Lusaka, Zambija

KAZALO IMENA I POJMOVA

IZ POVIJESTI JUGOSLAVENSKOG ZRAKOPLOVSTVA

1595. Fausto Vrančić iz Šibenika objelodanio je djelo »O novim strojevima«, u kojemu je pod naslovom »Leteći čovjek« naslikao čovjeka, koji se s tornja spušta četverokutnim padobranom.

1879. Ognjeslav Kostović iz Novog Bečeja prikazao je zrakoplovnom društvu u Petrogradu (Lenjingradu) model svog »aeroskafa« s drvenom okosnicom i dva krila. Pri gradnji aeroskaf je izgorio u požaru.

1882. Ognjeslav Kostović je projektirao benzinski motor za pogon upravljiva balona.

1897. David Schwarz iz Zagreba sagradio je u Berlinu prvi upravljivi zračni brod (dirižabl) od aluminijskih limova. Bio je to prvi metalni upravljivi zračni brod na svijetu. Slomio se nakon uzleta.

1909. Slavoljub Penkala, inženjer i daroviti izumitelj iz Zagreba, patentirao je zanimljivu konstrukciju aviona s deltoidnim trupom i originalnim upravljačkim uređajem.

1909. Edvard Rusijan iz Gorice izradio je u proljeće prvu pokusnu jedrilicu, a ujesen dovršio svoj avion »Edda 1«. Kao prvi u povijesti jugoslavenskog zrakoplovstva preletio je 25. XI motornim avionom daljinu od 60 m, na visini od 2 m.

1909. srpska vojska nabavila je prve izviđačke balone.

1909. Ivan Sarić iz Subotice izradio je jednoplošnjak, sličan Blériotovu avionu, ali s mnogo originalnih dijelova. U nj je ugradio i svoj motor, koji se i sada nalazi u Muzeju jugoslovenskog vazduhoplovstva u Beogradu.

1909. Oskar Říha (Ržiha) uzletio je u Mariboru svojom jedrilicom, a 18. IV, potpomognut povoljnim vjetrom, preletio je s brda Urbana daljinu od 600 m.

1909. Vladimir Aleksić, liječnik iz Pančeva, izradio je dvoplošnu jedrilicu i 22. X uzletio s pomoću startne gume.

1910. Edvard Rusijan udružio se u Zagrebu s Mihajlom Merćepom iz Dubrovnika. Kupili su u Parizu motor od 50 KS, u Zagrebu su izradili avion jednoplošnjak »Merćep-Rusijan« i njime letjeli povrh vojnog vježbališta u Črnomercu.

1910. Slavoljub Penkala izradio je prvi avion i njime uzlijetao s aerodroma u Črnomercu i letio oko Zagreba.

1911. Edvard Rusijan i Mihajlo Merćep prevezli su svoj avion u Beograd. Rusijan je pred okupljenim Beograđanima 9. I uzletio s polja ispod Kalemegdana, ali poslije desetak kilometara leta povrh grada i Save, iznenada je mah vjetra slomio krila, avion se strmoglavio i smrskao, a Rusijan je poginuo. Dvadesetčetverogodišnji pionir Rusijan prva je žrtva jugoslavenskog zrakoplovstva.

1912. upućeni su prvi srpski pitomci u francuske pilotske škole radi organizacije srpskog vojnog zrakoplovstva.

1912. osnovana je u vrijeme balkanskog rata prva srpska vojna zrakoplovna jedinica, koja je imala 6 pilota i 10 aviona.

1912. za leta povrh opkoljenog Skadra, što su ga opsjedale čete kopnene vojske, poginuo je narednik Mihajlo Petrović, prva žrtva jugoslavenskog vojnog zrakoplovstva.

1912. Mihajlo Merćep je izradio drugi jednoplošnjak, kojim je pilot Stjepan Novak pobijedio na međunarodnom takmičenju u Budimpešti.

1912. učinjeni su prvi pokušaji da se udruže sportski zrakoplovci u Hrvatskoj i Srbiji.

1913. Mihajlo Merćep izradio je treći avion i prodao ga patriotskoj organizaciji u Beogradu.

1914. srpsko vojno zrakoplovstvo ušlo je u prvi svjetski rat posve nespremno sa 3 ispravna aviona i sa 1 balonom.

1914. Mihajlo Merćep izradio je četvrti avion jednoplošnjak, ali je uskoro uhapšen i zatvoren kao nepouzdana osoba.

1915. ugrađen je prvi mitraljez u srpski vojni avion »Oluj«.

1916. reorganizirano je srpsko vojno zrakoplovstvo na Krfu i zatim se borilo na solunskoj fronti.

1918. eskadrile srpskog vojnog zrakoplovstva istakle su se za septembarske ofenzive na solunskoj fronti, prije konačne savezničke pobjede.

1918. osnovane su u Hrvatskoj i Sloveniji tri vojne zrakoplovne eskadrile koje su se s eskadrilama, što su došle sa solunske fronte, borile protiv Austrije.

1919. osnovana je Prva pilotska škola u Novom Sadu; 1938. premještena je u Pančevo.

1919. osnovana je Hidroplanska komanda u Kumboru u Boki Kotorskoj.

1921. osnovana je Vazduhoplovna izviđačka škola u Petrovaradinu.

1921. osnovana je Druga pilotska škola u Mostaru; 1937. premještena je u Kraljevo.

1921. osnovan je 22. X Srpski aeroklub u Beogradu; 1922. nazvan je Aeroklub Kraljevine SHS, a kasnije Kraljevski jugoslovenski aeroklub »Naša krila«.

1923. osnovana je tvornica aviona »Ikarus« u Novom Sadu.

1923. prvi uspjeli letovi jedrilicama.

1923. osnovana je tvornica aviona »Rogožarski« u Beogradu; 1946. pridružena je tvornici »Ikarus«.

1923. uspostavljena je prva međunarodna zrakoplovna pruga. Francusko-rumunjsko društvo »Sidna« otvorilo je prugu Pariz—Beč—Budimpešta—Beograd—Bukurešt.

1924. počinje izlaziti mješečni časopis »Naša krila«.

1926. osnovano je jugoslovensko civilno zrakoplovno društvo »Aeroput«.

1927. osnovana je tvornica aeroplanskih motora u Rakovici.

1927. osnovana je tvornica aviona »Zmaj« u Zemunu.

1928. osnovana je Treća pilotska škola u Zemunu; 1938. premještena je u Niš.

1928. poletio je prvi putnički avion »Aeroputa« na redovitoj pruzi Beograd—Zagreb (15. II).

1929. osnovan je Vazduhoplovno-tehnički zavod u Rakovici.

1930. počele su u Aeroklubu prve obuke pilota za motorne avione.

1931. Jugoslovenski aeroklub otvorio je prvu jedriličarsku školu u Pinosavi kod Beograda.

1933. Jugoslovenski aeroklub otvara pilotske škole u Beogradu, Zagrebu, Ljubljani i Skopju.

1937. boreći se u španjolskom građanskom ratu, poginuo je kod Madrida pilot-lovac Boško Križaj, koji je oborio 7 fašističkih aviona.

1937. osnovana je tvornica aviona »Utva« u Zemunu; 1940. premještena je u Pančevo.

1938. osnovana je u Kraljevu državna tvornica aviona.

1940. osnovana je Vazduhoplovna vojna akademija u Pančevu; prestala je djelovati 1941.

1940. osnovan je Aeroklub banovine Hrvatske u Zagrebu.

1941. fašistička Njemačka i Italija, potpomognute fašističkom Bugarskom i Mađarskom, napale su Jugoslaviju. U herojskim borbama kod Beograda, Kumanova, Mostara, u Kačaničkoj klisuri, kod Skopja i na drugim frontama poginulo je 67 letača i oboreno oko 100 aviona. Jugoslavenske posade uništile su mnogo aviona na zemlji, kako ih ne bi neprijatelj zarobio, a ostale su avione razorili na zemlji neprijateljski bombarderi. Nekoliko aviona i hidroaviona prebjeglo je u SSSR i Grčku.

1942. prvi letovi novog jugoslavenskog ratnog zrakoplovstva s Franjom Kluzom i Rudijem Čajavcem, na oslobođenom teritoriju u Bosanskoj krajini.

1943. avioni, zaplijenjeni za kapitulacije Italije, djeluju s letačima-partizanima uspješno u Hrvatskoj i Sloveniji.

1943. na otoku Visu izgrađena je zrakoplovna baza. Na viški aerodrom spuštali su se saveznički avioni, oštećeni u operacijama nad okupiranom Evropom.

1943. Maršal Tito izdao je 14. X naredbu o formiranju Prve zrakoplovne baze u Livnu, gdje su se prikupljali svi zrakoplovci i odatle upućivali u savezničke školske centre. Baza je u siječnju 1944. premještena u Italiju.

1944. osnovane su, uz pomoć Sovjetskog Saveza, dvije jugoslavenske zrakoplovne divizije, opremljene avionima »IL-2« i lovcima »JAK«.

1944. na Visu je formirana Eskadrila za vezu Vrhovnog štaba; raspolagala je sa 4 aviona »PO-2« i pet zarobljenih aviona.

1944. sklopljen je sporazum sa saveznicima o formiranju i obuci dviju jugoslavenskih lovačkih eskadrila.

1944. formirana je 29. IV u sjevernoj Africi Prva eskadrila jugoslavenskog lovačkog zrakoplovstva sa 20 pilota i 16 aviona »Spitfire V«. Ona je 19. VIII počela djelovati nad jugoslavenskim teritorijem.

1944. formirana je 1. VII Druga eskadrila jugoslavenskih lovaca bombardera. Od 13. X operirala je na fronti sa 16 lovaca bombardera »Hurricane MK-IV« s aerodroma u Italiji, a kasnije iz Visa i Zemunika kod Zadra.

1945. osnovana je u Zemuniku Pilotska škola; potkraj 1945. premještena je u Ečku, kod Zrenjanina, a 1960. uvrštena u Vazduhoplovnu vojnu akademiju.

1945. operativni štab grupe zrakoplovnih divizija posve je preuzeo komandu nad tim jedinicama, a sovjetsko osoblje, koje je uspješno prenijelo svoja iskustva jugoslavenskim zrakoplovcima, postepeno se povuklo.

1945. jugoslavenske zrakoplovne divizije učestvovale su u Srijemu pri odbijanju neprijateljske protuofenzive. Napadale su njemačke trupe, koje su se povlačile iz Grčke. Sudjelovale su u borbama za mostobrane na Dravi i borile se, u travnju i svibnju, u velikoj ofenzivi, kad su uništene i posljednje fašističke jedinice, a Jugoslavija je konačno oslobođena.

1945. osnovan je Savezni vazduhoplovni centar u Vršcu, jedno od najvećih središta sportskog zrakoplovstva u Evropi.

1945. osnovan je Vazduhoplovno-tehnički centar u Vršcu, koji otad revidira i popravlja avione, jedrilice i padobrane zrakoplovnog saveza, a izrađuje i prototipove jedrilica.

1945. Centar za zrakoplovno modelarstvo u Beogradu počinje projektirati i izrađivati minijaturne klipne i raketne modele letjelica, te alat i strojeve za modelarske radionice.

1945. osnovan je Vazduhoplovno-medicinski institut u Beogradu.

1946. osnovan je Vazduhoplovno-tehnički institut u Žarkovu kod Beograda; 1948. priključen je Vojnotehničkom institutu.

1948. osnovana je Vazduhoplovna oficirska škola u Kovinu; 1949. premještena je u Ljubljanu, a 1955. preuređena u Vazduhoplovnu aplikacionu školu.

1949. Vazduhoplovni savez Jugoslavije postaje članom Međunarodne zrakoplovne federacije (FAI).

1950. Vazduhoplovni savez Jugoslavije postaje članom Međunarodne znanstveno-tehničke jedriličarske organizacije (OSTIV).

1951. na Bledu je održano prvo takmičenje za svjetsko padobransko prvenstvo.

1951. organiziran je prvi izviđački tečaj za oficire ratne mornarice.

1951. osnovana je (najveća) tvornica aviona »Soko« u Mostaru. Izradila je metalni školski avion »522«, mlazni školski avion »Galeb«, helikopter »S-55«, laki avion »Kraguj«, prvi domaći helikopter i druge avione.

1952. osnovana je Vazduhoplovna vojna akademija u Pančevu; prestala je raditi 1953; ponovo je 1960. otvorena u Zadru.

1952. osnovana je Vazduhoplovna tehnička akademija u Žarkovu, a 1956. uvrštena je u Vazduhoplovni tehnički školski centar.

1953. osnovan je Vazduhoplovni školski centar veze u Kraljevu.

1953. osnovan je Vazduhoplovni tehnički školski centar u Rajlovcu.

1958. tvornica »Utva« u Pančevu počinje izrađivati avione za laki transport i poljoprivredne svrhe.

1958. počeo se graditi novi beogradski međunarodni aerodrom u Surčinu.

1959. otvoren je međunarodni zagrebački aerodrom u Plesu.

1960. u Ljubljani je osnovano prvo jugoslavensko poduzeće za čarter-promet »Adria-aviopromet« (AA).

1961. u Zagrebu je osnovano zrakoplovno poduzeće »Pan-Adria« za zrakoplovni poštanski i lokalni promet, te za usluge poljoprivredi i za aerotaksi-službu.

1962. otvoren je novi beogradski međunarodni aerodrom u Surčinu.

1962. otvoren je novi dubrovački međunarodni aerodrom u Ćilipima.

1963. otvoren je novi ljubljanski međunarodni aerodrom u Brniku.

1966. otvoren je novi splitski međunarodni aerodrom u Kaštelima.

1970. otvoren je novi riječki međunarodni aerodrom na otoku Krku.

1971. otvoreni su novouređeni međunarodni aerodromi u Tivtu (Boka Kotorska), u Puli, Zadru i Skopju.

POGOVOR

Ovo je druga knjiga o prometnim sredstvima u kojoj se opisuje razvoj cesta, mostova, tunela, željeznica, tramvaja, uspinjača, trolejbusa, žirobusa i drugih vozila. Kako je svaki novi izum na području prometnih sredstava pomicao granice ljudskog znanja i djelatnosti, tako se čovjek postepeno dizao sa zemlje u vozilima obješenim o čelična užeta: u žičnim željeznicama, uspinjačama i ispod zračnih zmajeva. Uzdigao se i u zračna prostranstva balonima, zračnim brodovima, avionima i helikopterima. Napokon, nakon usavršenja raketnih brodova, otisnuo se i u svemir.

Prvi su putovi bile staze utabane nogama neumornih pješaka, koji su se probijali bespućima, usprkos prirodnim opasnostima, zvijerima i razbojnicima. Prve ceste, kojima su vozila rimska kola i brze diližanse, činile su se u svoje vrijeme, savršenim dostignućima. Sada nam se i najmoderniji šesterotračni auto-putovi, koji se grade uz trošak od trideset milijuna dinara po kilometru, čine nepogodnim i opasnim prometnicama, ako na raskrižjima nema višekatnih »petlji« i elektronske signalizacije. Ceste se sada ne trasiraju samo prema razvedenosti terena nego i meteorološki najpovoljnijim smjerovima. One se više ne penju opasnim serpentinama preko smrznutih planinskih prijevoja, nego jedva malo vijugaju i gotovo se vodoravno probijaju kroz planine osvijetljenim i ozračenim tunelima, a preko močvarnih dolina prelaze smionim vijaduktima i električno grijanim mostovima. One će uskoro prolaziti i dugim tunelima ispod mora. Ali kao da ni to nije dovoljno, jer se već čuju opomene da vozačima automobila treba oduzeti upravljala iz ruku, a vozilima dopustiti da voze sama po elektronskim trakama.

Poglavlje posvećeno lokomotivama i vagonima, kolosijecima i kolodvorima nije povijest željeznica, ali je s njom usko povezano. Ono je namijenjeno čitaocima, koji se rado sjećaju starih pouzdanih parnih lokomotiva što su se dahtanjem i šištanjem penjale uza strme vrleti. Ono je i za one čitaoce, koji u svojim domovima sastavljaju prave željezničke mreže s modelima, a u motornim, električnim i plinsko-turbinskim vlakovima vide oblikovanu veličinu čovjekova uma i proizvod njegovih marljivih ruku.

Poglavlje o zrakoplovima posvećeno je balonima, cepelinima, a ponajviše letjelicama težim od zraka: avionima i helikopterima. Avioni su najnovija prometna sredstva bez kojih se više ne može ni zamisliti sadašnji svijet. Oni nas prevoze jedva shvatljivim brzinama i kao da su smanjili zemaljsku kuglu. Iako nas avioni zadivljuju, uzbuđuju i zastrašuju, oni su nužno prometno sredstvo modernog života, a ponegdje i jedina veza s nepristupačnim krajevima. Povijest aviona stara je samo jedan ljudski vijek, ali je od početka do sada izrađeno više tisuća aviona, a poneki je od njih našao i svoj kutak na stranicama ove knjige. Uz njih je ponešto pisano i o ljudima, koji su svojim umom, trudom i životom pridonijeli njihovom razvoju.

Posljednje je poglavlje posvećeno svemirskim brodovima. Ni ono nije povijest astronautike, ni udžbenik raketne tehnike. To je samo priča o raketama i letjelicama kojima se čovjek vinuo u svemir i stigao na Mjesec. Stoga u ovom dijelu gotovo i ne svemirskih letjelica bez ljudske posade, jer ograničeni prostor nije dopustio da se opišu sve vrste meteoroloških, navigacijskih, komunikacijskih, špijunskih i drugih umjetnih satelita, koji nisu »prometna sredstva« s gledišta i stajališta ovog djela. Nisu se mogle opisati ni sve koristi što ih pružaju umjetni sateliti i svemirske sonde svim znanostima na Zemlji, a ni svi podsticaji što ih je raketna tehnika pružila pojedinim granama industrije.

Iako su dostignuća moderne tehnike i ljudskog stvaralaštva bajoslovna i jedva shvatljiva, ipak čovjek kao da nije zadovoljan. Posljednju šetnju po Mjesecu nije promatrala ni petina gledalaca televizije koji su pratili prve ljude na Mjesecu. Kao da je ovo sada bilo posve obično putovanje. Čovjek doista teži hitro naprijed i već se pita a što sada, poslije Mjeseca?

Zbog toga se na kraju ovakve knjige može samo napisati: budućnost će pokazati što je sve ljudski um sposoban stvoriti.

SADRŽAJ

CESTE

MOSTOVI

TUNELI

ŽELJEZNICE

ZRAKOPLOVI

RAKETE

Likovni urednik
IRISLAV MEŠTROVIĆ

Izašlo u suradnji izdavača:

Izdavačko knjižarsko poduzeće
MLADOST
Zagreb, Ilica 30

Za izdavača
BRANKO JURIČEVIĆ

DRŽAVNA ZALOŽBA SLOVENIJE
Ljubljana, Mestni trg 26

Za izdavača
IVAN BRATKO

Štamparski zavod »Ognjen Prica«, Zagreb, Savska c. 31 — 1972.

Na temelju mišljenja Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske br. 4028/1/1972. od 22. 9. 1972. ovo izdanje oslobođeno je plaćanja poreza na promet.

U današnje doba u svijetu i kod nas postoji vrlo širok krug aktivnih sportaša i ljubitelja sporta. Zbog općenitog interesa za sport, posvećene su sportskim aktivnostima u I kolu **Kruga znanja** dvije knjige.

KNJIGA O SPORTU, I

U ovoj knjizi obrađen je razvoj fizičke kulture i sporta: gimnastike, atletike, košarke, rukometa, ragbija, hazene, nogometa, hokeja na travi, tenisa, stolnog tenisa, odbojke, baseballa, kuglanja, streljaštva, streličarstva, rvanja, boksa, džuda, mačevanja, dizanja utega, plivanja, skokova u vodu, vaterpola, veslanja, kajaka, kanoa, jedrenja, boćanja, golfa, motornog sporta na vodi, skijanja na vodi, klizanja, sanjkanja, bobsleigha, hokeja na ledu itd.

KNJIGA O SPORTU, II

U toj su knjizi obrađeni konjički sport, biciklizam, motorno letenje, zrakoplovstvo, jedriličarstvo, padobranstvo, zrakoplovno modelarstvo, motociklizam, automobilizam, karting, koturaljkanje, olimpijske igre, planinarstvo, alpinizam, istraživanje krškog podzemlja, izviđači, podvodni ribolov, ribolov na slatkim vodama i na moru, lov, rekreacija, viteške igre i alke, plesovi s mačevima, štafeta mladosti, šah, sport i zdravlje, sport u narodnoj književnosti, sport u starogrčkoj književnosti, sport u modernoj književnosti, sport i film, sport i muzika, sport u likovnoj umjetnosti, sport na markama, sportske građevine, fizički odgoj u školama, organizacija fizičke kulture, štampa, radio-amaterizam, sportska fotografija itd. U suradnji sa oko 60 istaknutih domaćih sportskih radnika, u redakciji Žarka Susića, nastale su bogato ilustrirane knjige u kojima je kod nas prvi put kompletno prikazan strani i domaći sport.

II kolo **Kruga znanja** obuhvatit će ove knjige:

1. SVIJET BOJA I OBLIKA
2. OD POLA DO POLA
3. OD KVIPUSA DO KOMPJUTORA (razvoj naučnih informacija)
4. KAZALIŠTE, FILM, MUZIKA

Kompletna biblioteka Krug znanja obuhvatit će 20 knjiga iz područja nauke, kulture i ljudskih djelatnosti, potrebnih svakom modernom čovjeku, bez obzira na dob i obrazovanje.


mladost